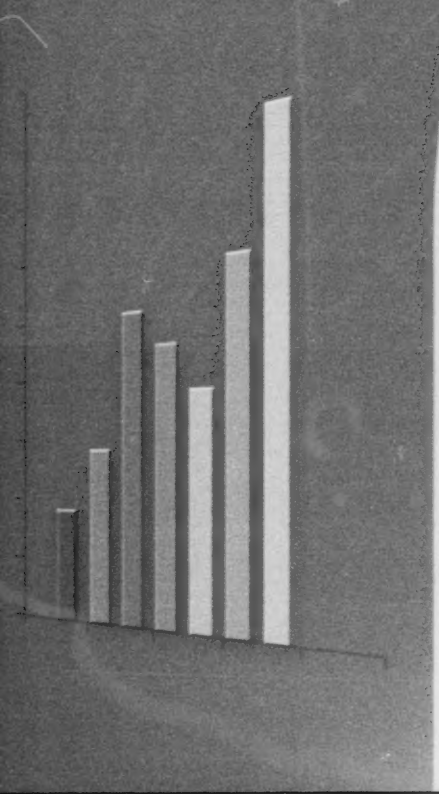
Avis de révision – 30 octobre 2017

INSTITUT
DE LA STATISTIQUE
DU QUÉBEC

www.stat.gouv.qc.ca

ENVIRONNEMENT ET ÉCONOMIE



Comptes des terres du Québec méridional

Québec

Pour tout renseignement concernant l'ISQ
et les données statistiques dont il dispose,
s'adresser à :

Institut de la statistique du Québec
200, chemin Sainte-Foy
Québec (Québec) G1R 5T4
Téléphone : 418 691-2401

ou

Téléphone : 1 800 463-4090
(sans frais d'appel au Canada et aux États-Unis)

Site Web : www.stat.gouv.qc.ca

Dépôt légal
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
4e trimestre 2017
ISBN 978-2-550-73212-9 (imprimé)
ISBN 978-2-550-73213-6 (en ligne)

© Gouvernement du Québec, Institut de la statistique du Québec, 2017

Toute reproduction autre qu'à des fins de consultation personnelle
est interdite sans l'autorisation du gouvernement du Québec.
www.stat.gouv.qc.ca/droits_auteur.htm.

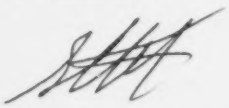
Octobre 2017

AVANT-PROPOS

Ce rapport présente pour une première fois les données des comptes des terres du Québec méridional par région administrative et selon le cadre écologique de référence du Québec. Il décrit en détail la méthodologie élaborée par l'Institut de la statistique du Québec pour produire ces données inédites et explique le contexte de la comptabilité environnementale. Le projet de comptes des terres du Québec méridional donne suite au projet pilote appliqué à la région de la Chaudière-Appalaches dont le rapport a été publié en 2014.

Cette publication fait état du défi de taille que représente l'intégration de données existantes dans un cadre de mesure cohérent. Elle témoigne de l'engagement de l'Institut à poursuivre l'élaboration de comptes de l'environnement pour le Québec en appui à une gestion plus rationnelle de l'environnement. Elle démontre aussi le rôle de l'Institut de veiller à l'application des normes en matière de concepts et de classifications et d'assurer la qualité statistique dans le contexte de la comptabilité environnementale et économique.

Le directeur général,



Stéphane Mercier

*Produire une information statistique pertinente, fiable et objective, comparable, actuelle, intelligible et accessible, c'est là l'engagement « **qualité** » de l'Institut de la statistique du Québec.*

Cette publication a été réalisée par : Stéphanie Uhde
Direction des statistiques sectorielles
et du développement durable

Maxime Keith
Direction de la diffusion et des communications

Direction des statistiques sectorielles
et du développement durable : Pierre Cauchon, directeur par intérim

Ont apporté leur précieuse collaboration : Sophie Desfossés, pour sa contribution technique

Gabrielle Tardif, pour la mise en page

Renseignements additionnels

Pour toute information concernant le contenu de cette publication, veuillez communiquer avec Stéphanie Uhde aux coordonnées suivantes :

Téléphone : 418 691-2411, poste 3002
Courriel : stephanie.uhde@stat.gouv.qc.ca

Abréviations

AAC	Agriculture et Agroalimentaire Canada
AIPF	Approche d'inventaire par peuplement forestier
BDPPAD	Base de données des parcelles et productions agricoles déclarées
CERQ	Cadre écologique de référence du Québec
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec
MERN	Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec
MRC	Municipalité régionale de comté
NAIPF	Nouvelle approche d'inventaire par peuplement forestier
NDVI	*Normalized Difference Vegetation Index*
SCEE	Système de comptabilité économique et environnementale
SCN	Système de comptabilité nationale
SDA	Système sur les découpages administratifs
SIG	Système d'information géographique
SNRC	Système national de référence cartographique du Canada
USGS	*United States Geological Survey*
WRS-2	*Worldwide Reference System-2*

Citation suggérée

UHDE, Stéphanie, et Maxime KEITH (2017). *Comptes des terres du Québec méridional*, [En ligne], Québec, Institut de la statistique du Québec, 179 p. [www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/environnement/comptes-terre-meridional.pdf]

REMERCIEMENTS

Nous remercions particulièrement les membres du Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional, mis en place par l'Institut : André Faucher, alors de la Direction des inventaires forestiers du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, Marcel Darveau, de Canards illimités Canada, Mathieu Rousseau, de la Direction du développement et de l'aménagement du territoire agricole du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Stephen Côté, de la Direction de la cartographie générale et administrative du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec, ainsi qu'Éric Gagnon, de la Direction de la méthodologie de l'Institut. Luc Gagné, de la Direction des inventaires forestiers, nous a aussi fourni d'importants conseils.

Nous tenons également à remercier Jean-Louis Weber de nous avoir suggéré des pistes méthodologiques à une étape cruciale du projet.

TABLE DES MATIÈRES

11 LISTE DES TABLEAUX

15 LISTE DES FIGURES

19 LISTE DES ENCADRÉS

21 RÉSUMÉ

23 *LAND ACCOUNTS FOR SOUTHERN QUÉBEC – SUMMARY*

25 INTRODUCTION

27 CHAPITRE 1 CONTEXTE, CONCEPTS ET APPLICATIONS

29 CHAPITRE 2 CADRE MÉTHODOLOGIQUE RÉVISÉ DES COMPTES DES TERRES DU QUÉBEC MÉRIDIONAL

32 2.1 Données écoforestières

33 Qualité des données écoforestières par rapport au projet de comptes des terres

35 2.2 Limites géographiques et découpages du territoire d'étude

37 2.3 Période de référence

39 2.4 Classification simplifiée de la couverture terrestre du Québec

40 2.5 Modèle décisionnel pour la classification des données écoforestières et remarques à propos de la classification

43 2.6 Approche visant à réduire les erreurs attribuables au défaut de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier

46 2.7 Grilles

48 2.8 Qualité de la statistique

49 CHAPITRE 3 RÉSULTATS

49 **3.1 Cartes**

57 **3.2 Comptes**

57 3.2.1 Ensemble du Québec méridional

65 3.2.2 Par région administrative

65 Surfaces artificielles

69 Terres agricoles

71 Milieux humides forestiers

73 Milieux humides herbacés ou arbustifs

73 Plans et cours d'eau intérieure

74 Forêts à couvert fermé

78 Forêts à couvert ouvert

101 CONCLUSION

103 ANNEXE I MÉTHODOLOGIE DÉTAILLÉE

104 **AI.1 Revoir les assises méthodologiques**

107 **AI.2 Préparer les couches initiales de couverture terrestre**

108 **AI.3 Corriger les couches de couverture terrestre**

108 AI.3.1 Correction des catégories « Dénudés et semi-dénudés »

109 AI.3.2 Correction de la classification des bleuetières

110 AI.3.3 Correction de la classification des cannebergières

111 **AI.4 Créer la couche des changements de couverture terrestre**

113 **AI.5 Acquérir et préparer les données auxiliaires pour la validation des polygones de changement de couverture terrestre**

113 AI.5.1 Cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada

114 AI.5.2 Images satellites de l'*United States Geological Survey*

118 **AI.6 Valider les polygones de changement pour réduire les erreurs dues au manque de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier**

119 AI.6.1 Valider les polygones de changement à l'aide des données auxiliaires ou des attributs des données écoforestières

122 A. Validation des changements entre surfaces artificielles et terres agricoles à l'aide des cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada

125 *B. Validation des changements entre surfaces artificielles et surfaces naturelles à l'aide de l'indice NDVI*

132 *C. Validation des diminutions de surfaces artificielles, de terres agricoles, de milieux humides herbacés ou arbustifs, de plans et cours d'eau intérieure ou de forêts à couvert ouvert au profit de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé, sur la base de l'âge des peuplements*

134 *D. Validation des diminutions de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé au profit de terres agricoles, sur la base de la perturbation d'origine et de l'âge du peuplement*

135 *E. Validation des diminutions de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé au profit de milieux humides herbacés ou arbustifs ou de forêts à couvert ouvert, sur la base de la perturbation, du dépôt de surface et du type écologique*

137 *F. Rejet des changements entre les sites inondés et les plans et les cours d'eau intérieure ou les milieux humides herbacés ou arbustifs*

138 *G. Validation des changements entre les milieux humides forestiers et les forêts à couvert fermé, sur la base du drainage*

139 AI.6.2 Valider les polygones de changement selon leurs caractéristiques géométriques

144 AI.6.3 Évaluer l'effet des méthodes de validation et finaliser la validation

147 **AI.7 Vérifier la validation des grands polygones de changement qui concernent les surfaces artificielles**

148 **AI.8 Mettre à jour les couches de couverture terrestre**

149 **AI.9 Pixéliser les couches de couverture terrestre**

149 **AI.10 Calculer les changements de couverture terrestre et générer les tableaux de résultats**

150 **AI.11 Vérifier les résultats**

153 ANNEXE II CLASSIFICATION DE LA COUVERTURE TERRESTRE DU QUÉBEC

161 ANNEXE III COMPTES DES TERRES PAR PROVINCE NATURELLE

177 BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE 2

Tableau 2.2.1
Part de chaque région administrative couverte par le territoire d'étude 36

Tableau 2.3.1
Années de début (*t0*) et de fin (*t1*) et durée de la période de référence définie pour chaque région administrative 38

Tableau 2.4.1
Classification simplifiée de la couverture terrestre du Québec 39

Tableau 2.5.1
Écarts entre les classes de couverture terrestre définies en pratique et les classes de la couverture terrestre du Québec 42

CHAPITRE 3

Tableau 3.2.1.1
Compte physique de couverture terrestre, Québec méridional (1990-1999 – 2002-2013) . . . 61

Tableau 3.2.1.2
Matrice des changements de couverture terrestre, Québec méridional (1990-1999 – 2002 2013) 62

Tableau 3.2.1.3
Matrice des augmentations de couverture terrestre, Québec méridional (1990-1999 – 2002-2013) 63

Tableau 3.2.1.4
Matrice des diminutions de couverture terrestre, Québec méridional (1990-1999 – 2002-2013) . . . 64

Tableau 3.2.2.1
Compte physique de couverture terrestre, par région administrative, Québec méridional, différentes périodes 79

Tableau 3.2.2.2
Matrice des changements de couverture terrestre, région du Bas-Saint-Laurent (1993-2004) 84

Tableau 3.2.2.3
Matrice des changements de couverture terrestre, région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, 89 % du territoire (1995-2008) 85

Tableau 3.2.2.4
Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Capitale-Nationale (1990-2002) 86

Tableau 3.2.2.5
Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Mauricie (1997-2008) 87

Tableau 3.2.2.6
Matrice des changements de couverture terrestre, région de l'Estrie (1995-2007) 88

Tableau 3.2.2.7
Matrice des changements de couverture terrestre, région de Montréal (1994-2007) 89

Tableau 3.2.2.8
Matrice des changements de couverture terrestre, région de l'Outaouais (1990-2003) 90

Tableau 3.2.2.9
Matrice des changements de couverture terrestre, région de l'Abitibi-Témiscamingue (1994-2005) 91

Tableau 3.2.2.10
Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Côte-Nord, 25 % du territoire (1999-2013) 92

Tableau 3.2.2.11
Matrice des changements de couverture terrestre, région du Nord-du-Québec, 9 % du territoire (1996-2011) 93

Tableau 3.2.2.12
Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (1992-2004) 94

Tableau 3.2.2.13
Matrice des changements de couverture terrestre, région de Chaudière-Appalaches (1990-2003) 95

Tableau 3.2.2.14
Matrice des changements de couverture terrestre, région de Laval (1994-2007) 96

Tableau 3.2.2.15
Matrice des changements de couverture terrestre, région de Lanaudière (1995-2008) . . . 97

Tableau 3.2.2.16
Matrice des changements de couverture terrestre, région des Laurentides (1991-2005) . . . 98

Tableau 3.2.2.17
Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Montérégie (1994-2009) . . 99

Tableau 3.2.2.18
Matrice des changements de couverture terrestre, région du Centre-du-Québec (1991-2006) 100

ANNEXE I

Tableau AI.2.1
Attributs des données écoforestières préservés dans les couches de couverture terrestre 107

Tableau AI.6.1.1
Matrice des diminutions de couverture terrestre, avec renvoi vers la description des méthodes de validation appliquées 121

Tableau AI.6.1.2
Seuils de l'indice NDVI pour la définition des polygones de végétation, seuils pour l'écart entre les pourcentages de superposition des polygones de changement avec les polygones de végétation NDVI à *t0* et à *t1* et seuils du pourcentage de superposition avec les polygones de végétation NDVI à *t0*, par domaine bioclimatique et pour chaque classe de couverture terrestre « naturelle » 129

Tableau AI.6.1.3
Valeur assignée à l'attribut « V_NDVI » des polygones de diminution ou d'augmentation des surfaces artificielles au profit ou au détriment de surfaces naturelles (milieux humides forestiers – sauf les sites inondés –, milieux humides herbacés ou arbustifs, forêts) selon la méthode de l'indice NDVI 130

Tableau AI.6.2.1
Aires minimales d'interprétation (en hectares) pour délimiter chaque type de terrain par rapport aux autres 141

Tableau AI.6.3.1
Effet des méthodes de validation sur la superficie des changements de couverture terrestre par type de changement (en km² et en pourcentage), Québec méridional 145

ANNEXE II

Tableau AII.1
Classification de la couverture terrestre du Québec, selon trois niveaux 154

Tableau AII.2
Concordance des classes de couverture terrestre du Québec et de celles du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE) 157

ANNEXE III

Tableau AIII.1
Part de chaque province naturelle couverte par le territoire d'étude 161

Tableau AIII.2
Années de début (*t0*) et de fin (*t1*) et durée de la période de référence définie pour chaque province naturelle 161

Tableau AIII.3
Compte physique de couverture terrestre, par province naturelle, Québec méridional, différentes périodes 165

Tableau AIII.4
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Appalaches (1992-2004) 168

Tableau AIII.5
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Basses-terres du Saint-Laurent (1994-2007) 169

Tableau AIII.6
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Laurentides méridionales (1991-2005) 170

Tableau AIII.7
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Laurentides centrales, 60 % du territoire (1998-2013) 171

Tableau AIII.8
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle du Plateau de la Basse-Côte-Nord, 2 % du territoire (1999-2013) . 172

Tableau AIII.9
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Basses-terres de l'Abitibi, 88 % du territoire (1994-2009) 173

Tableau AIII.10
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Hautes-terres de Mistassini, 52 % du territoire (1998-2011) 174

Tableau AIII.11
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Adirondacks, 95 % du territoire (1994-2009) 175

Tableau AIII.12
Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle de l'Estuaire et golfe du Saint-Laurent, 76 % du territoire (1999-2009) 176

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 2

Figure 2.1
Schéma du cadre méthodologique des comptes des terres du Québec méridional incluant les principales opérations de géomatique de la méthodologie 31

Figure 2.2.1
Carte du territoire d'étude et limites des régions administratives et des provinces naturelles 36

Figure 2.3.1
Carte des années de prise de vue du 3e inventaire écoforestier et des limites des régions administratives 37

Figure 2.3.2
Carte des années de prise de vue du 4e inventaire écoforestier et des limites des régions administratives 38

Figure 2.5.1
Modèle décisionnel pour la classification des données écoforestières 41

Figure 2.7.1
Illustration du système de grilles des comptes des terres du Québec méridional 47

CHAPITRE 3

Figure 3.1.1
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², Québec méridional (2002-2013), et limites des régions administratives 50

Figure 3.1.2
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², région administrative de la Capitale-Nationale (2002) . . . 51

Figure 3.1.3
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², MRC de Québec (2002) 52

Figure 3.1.4
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², région administrative du Saguenay–Lac-Saint-Jean (2008) 53

Figure 3.1.5
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², MRC du Saguenay (2008) 54

Figure 3.1.6
Carte des changements de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², secteur de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec, MRC de Québec (1990-2002) 55

Figure 3.1.7
Carte des changements de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², secteur de la rivière Chicoutimi, MRC du Saguenay (1995-2008) 56

Figure 3.2.1.1
Changement annuel net de chaque classe de couverture terrestre au détriment ou au profit des autres classes en proportion du stock d'ouverture, Québec méridional (1990-1999 – 2002-2013) 59

Figure 3.2.2.1
Changement annuel net de la superficie des surfaces artificielles en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative . . 66

Figure 3.2.2.2
Changement annuel net de la superficie des surfaces artificielles au détriment ou au profit des autres classes de couverture terrestre en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative 67

Figure 3.2.2.3
Changement annuel net de la superficie des terres agricoles au détriment ou au profit des autres classes de couverture terrestre en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative 70

Figure 3.2.2.4
Changement annuel net de la superficie des milieux humides forestiers au détriment ou au profit des autres classes de couverture terrestre en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative 72

Figure 3.2.2.5
Changement annuel net de la superficie des forêts à couvert fermé au détriment ou au profit des autres classes de couverture terrestre en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative 74

Figure 3.2.2.6
Changement annuel net de la superficie des forêts de conifères, de feuillus et mixtes à couvert fermé en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative . . 76

Figure 3.2.2.7
Changement annuel net de la superficie des forêts de feuillus à couvert fermé au détriment ou au profit des autres classes de forêts à couvert fermé en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative . . 77

ANNEXE I

Figure AI.1.1
Carte des parties de la grille aux 50 m, sud du Québec 106

Figure AI.4.1
Carte du découpage par région administrative et par partie de région administrative pour la couche des changements de couverture terrestre, sud du Québec 112

Figure AI.5.1.1
Carte des polygones de milieu végétal obtenus à partir de la carte d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) pour 2010 114

Figure AI.5.2.1
Carte des intervalles entre l'année de prise de vue du 3e inventaire écoforestier et l'année de capture de l'image USGS, et grille créée à partir du système WRS-2 115

Figure AI.5.2.2
Carte des intervalles entre l'année de prise de vue du 4e inventaire écoforestier et l'année de capture de l'image USGS, et grille créée à partir du système WRS-2 116

Figure AI.5.2.3
Carte des polygones de végétation NDVI définis selon le seuil 0,40 pour le début de la période, à partir des images Landsat de l'*United States Geological Survey* captées entre 1984 et 2006, et limites des domaines bioclimatiques 117

Figure AI.5.2.4
Carte des polygones de végétation NDVI définis selon le seuil 0,50 pour le début de la période, à partir des images Landsat de l'*United States Geological Survey* captées entre 1984 et 2006, et limites des domaines bioclimatiques 118

Figure AI.6.1.1
Modèle décisionnel pour assigner une valeur à l'attribut « V_AAClanduse » des polygones de diminution ou d'augmentation de surfaces artificielles au profit ou au détriment de terres agricoles, selon la méthode basée sur les cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada 123

Figure AI.6.1.2
Graphiques de la médiane et du 25e ou 75e percentile du pourcentage de superposition des polygones des six classes de couverture terrestre « naturelles » et de la classe des surfaces artificielles avec la portion végétalisée du territoire, pondérés en fonction de la superficie des polygones, selon dix seuils de l'indice NDVI, pour trois des six domaines bioclimatiques du territoire d'étude 127

Figure AI.6.1.3
Carte des polygones de changement entre surfaces artificielles et surfaces naturelles validés et invalidés par la méthode basée sur l'indice NDVI, secteur de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec (1990-2002) 132

Figure AI.6.2.1
Exemple des mesures utilisées pour la validation géométrique des polygones de changement 143

Figure AI.6.3.1
Modèle décisionnel pour définir l'attribut de validation finale des polygones de changement 146

Figure AI.11.1
Couche de couverture terrestre à *t0*, secteur de la municipalité de Hudson (MRC de Vaudreuil-Soulanges), avant et après la mise à jour 150

Figure AI.11.2
Couche de couverture terrestre à *t0*, secteur de la station de ski du Massif-du-Sud (MRC de Bellechasse), avant et après la mise à jour 151

Figure AI.11.3
Couche de couverture terrestre à *t0*, ligne de transport d'énergie entre Saint-Majorique-de-Grantham et Drummondville (MRC de Drummond), avant et après la mise à jour 152

ANNEXE III

Figure AIII.1
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², Québec méridional (2002-2013), et limites des provinces naturelles 162

Figure AIII.2
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², province naturelle des Basses-terres du Saint-Laurent (2007) 163

Figure AIII.3
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent (2007) 164

LISTE DES ENCADRÉS

CHAPITRE 2

Encadré 2.1.1
Différences entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier 34

Encadré 2.6.1
Modélisation de l'approche visant à réduire les erreurs attribuables au défaut de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier 44

Encadré 2.6.2
Description sommaire des données auxiliaires utilisées pour la validation des polygones de changement 45

ANNEXE I

Encadré AI.3.1.1
Règle pour la correction des catégories « Dénudés et semi-dénudés humides » et « Dénudés et semi-dénudés secs » du code de terrain 109

Encadré AI.6.1.1
Règles pour la validation des polygones de diminution ou d'augmentation de surfaces artificielles au profit ou au détriment de terres agricoles, à l'aide des cartes d'utilisation des terres d'AAC 124

Encadré AI.6.1.2
Règles pour la validation des polygones de diminution ou d'augmentation de surfaces artificielles au profit ou au détriment de surfaces naturelles (milieux humides forestiers – sauf les sites inondés –, milieux humides herbacés ou arbustifs, forêts), à l'aide de l'indice NDVI 130

Encadré AI.6.1.3
Règle pour la validation des polygones de diminution de surfaces artificielles, de terres agricoles, de milieux humides herbacés ou arbustifs, de plans et cours d'eau intérieure et de forêts à couvert ouvert (et de sites inondés) au profit de milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) ou de forêts à couvert fermé, à l'aide du code de la classe d'âge du 4e inventaire écoforestier 133

Encadré AI.6.1.4
Règle pour la validation des polygones de diminution de milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) ou de forêts à couvert fermé au profit de terres agricoles, à l'aide des codes de la perturbation d'origine et de la classe d'âge au 3e inventaire écoforestier . 135

Encadré AI.6.1.5
Règle pour la validation des polygones de diminution de milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) ou de forêts à couvert fermé au profit de milieux humides herbacés ou arbustifs ou de forêts à couvert ouvert, à l'aide des codes de perturbation au 3e inventaire écoforestier et des codes du dépôt de surface et du code de la végétation potentielle au 4e inventaire 136

Encadré AI.6.1.6
Règle pour le rejet des polygones de diminution ou d'augmentation de sites inondés (partie des milieux humides forestiers) au profit ou au détriment de plans et de cours d'eau intérieure ou de milieux humides herbacés ou arbustifs (dénudés et semi-dénudés humides) 138

Encadré AI.6.1.7
Règle pour la validation des polygones de changement entre les milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) et les forêts à couvert fermé, à l'aide du code de la classe de drainage 139

Encadré AI.6.1.8
Règle pour la validation des polygones de changement selon leurs attributs géométriques. 143

RÉSUMÉ

Jusqu'à maintenant, aucune information officielle ne permettait d'évaluer globalement, et de façon cohérente, l'évolution de la couverture terrestre dans le sud du Québec, et d'apprécier des phénomènes divers tels que l'étalement urbain ou « l'enfrichement » des terres agricoles sur l'ensemble de ce territoire. Pourtant, les modifications croissantes subies par l'environnement accentuent les liens d'interdépendance entre le capital naturel et le bien-être des populations humaines. Dans un contexte de resserrement des sphères environnementale et économique, une information environnementale et économique intégrée devient nécessaire à la prise de décision éclairée.

La mesure des changements de couverture terrestre selon un cadre de mesure compatible avec le Système de comptabilité nationale (SCN) instaure l'élaboration d'un ensemble de statistiques environnementales et économiques intégrées. Les comptes des terres font partie du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE), ou comptes de l'environnement, qui forme un cadre statistique complet et cohérent permettant la mesure du capital naturel en rapport avec l'économie. Les comptes des terres du Québec méridional quantifient la superficie des terres par type de couverture terrestre (p. ex., surfaces artificielles, terres agricoles, milieux humides, forêts) sur le territoire de la province situé au sud du 51e parallèle dans les années 1990 et dans les années 2000 ainsi que la superficie où se produisent les changements de couverture de deux hectares (ha) ou plus entre ces deux décennies.

Les comptes des terres du Québec méridional ont été construits à partir d'une méthodologie originale, élaborée avec l'appui d'un groupe de travail interministériel, axée sur l'intégration de données géographiques existantes et sur l'analyse des changements de couverture terrestre. Les comptes des terres forment un système d'information géographique (SIG) basé sur les données du 3e et du 4e inventaire écoforestier, produites par la Direction des inventaires forestiers du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Un modèle décisionnel permet de classifier les données écoforestières selon la classification de la couverture terrestre du Québec, adaptée de la classification du SCEE, ce qui permet d'établir deux couches de couverture terrestre pour les années 1990 et les années 2000. Le croisement de ces deux couches permet de générer la couche des changements de couverture terrestre.

Or, l'évolution des définitions et des méthodes utilisées entre le 3e et le 4e inventaire écoforestier affecte la comparabilité des données. La couche des changements de couverture terrestre comprend des polygones de « faux changements » qui doivent être retirés pour assurer la fiabilité des estimations de changement. L'approche adoptée consiste en l'application d'une série de méthodes destinées à vérifier si les polygones de la couche des changements représentent de réels changements de couverture terrestre. Ce traitement permet d'obtenir deux cartes cohérentes de couverture terrestre pour le sud du Québec à deux moments dans le temps.

Un système de grilles forme la structure spatiale et statistique des comptes des terres du Québec méridional. Les cellules d'une résolution de 50 m représentent les unités spatiales des comptes des terres. Le croisement de la grille et de chacune des deux couches de couverture terrestre permet de reporter l'information sous-jacente des couches à l'intérieur de chaque cellule de la grille pour en extrapoler la couverture dominante. Ce sont les données de couverture dominante en début et en fin de période par unité de grille qui sont agrégées pour donner les superficies de couverture terrestre présentées dans les tableaux de résultats.

Les comptes des terres prennent ultimement la forme d'un compte physique de couverture terrestre et d'une matrice des changements de couverture terrestre. Par exemple, le compte physique de couverture terrestre pour l'ensemble du Québec méridional enregistre, pour les surfaces artificielles, un stock d'ouverture de 6 637 km^2 et un stock de fermeture de 7 165 km^2, pour un changement net des surfaces artificielles de 528 km^2 ou 8 % au cours de la période s'étant écoulée entre les années 1990 et les années 2000. La matrice des changements de couverture terrestre montre que cette artificialisation s'est surtout produite au détriment des forêts : du gain net

Voir l'avis de révision.

de surfaces artificielles, 69 km² l'ont été au détriment des forêts de conifères, 157 km², au détriment des forêts de feuillus, et 118 km², au détriment des forêts mixtes. De plus, la superficie des terres agricoles a diminué de 134 km² au profit des surfaces artificielles, ce qui représente une perte de près de 4 %. Comme le montrent les tableaux qui présentent les données par région, ces tendances varient d'une région administrative à l'autre.

Les comptes des terres servent à estimer la superficie touchée par certains phénomènes de changement de couverture terrestre. La force de ce système de mesure découle d'une infrastructure statistique géoréférencée qui permet de calculer les changements de couverture terrestre selon divers découpages géographiques, par exemple selon les régions administratives ou les provinces naturelles du cadre écologique de référence du Québec (en annexe). De plus, l'intégration de données environnementales dans les comptes des terres permettrait de créer des comptes des écosystèmes. En effet, les comptes des terres fournissent les unités spatiales élémentaires des Comptes expérimentaux des écosystèmes du SCEE.

LAND ACCOUNTS FOR SOUTHERN QUÉBEC
SUMMARY

Up until now, no official information was available to identify land cover trends in Southern Québec in a comprehensive and consistent way and to quantify various phenomena such as urban sprawl and uncultivated farmland turning into forests. However, growing environmental changes are increasing the interdependence between natural capital and human populations' well-being. Given that the environmental and economic spheres are becoming more and more intertwined, integrated environmental and economic information becomes necessary for better decision making.

The first step towards developing a set of integrated environmental and economic statistics was to assess land cover changes according to a measurement framework compatible with the System of National Accounts (SNA). Land accounts are an integral part of the System of Environmental-Economic Accounting (SEEA), or environmental accounts, which forms a complete and consistent statistical framework for measuring natural capital in relation to the economy. The land accounts for Southern Québec measure the land area south of the 51st parallel by land cover type (e.g. artificial surfaces, agricultural land, wetlands, forests) in both the 1990s and the 2000s, as well as the land area where land cover changes of 2 ha or more occurred between these two decades.

The land accounts for Southern Québec were put together based on an original methodology developed with the support of an interdepartmental working group and centered on the integration of existing geographical data and on the analysis of land cover changes. These land accounts constitute a Geographical Information System (GIS) that is based on data from the 3rd and 4th ecoforest inventories produced by the Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP)*'s* Direction des inventaires forestiers. *A decisional model is used to classify the ecoforestry data according to the Québec land cover classification, which is adapted from the SEEA classification, resulting in two separate land cover layers for the 1990s and the 2000s. A land cover change layer is then generated by intersecting these two layers.*

However, data comparability between the two periods is affected by definition and method changes that took place between the 3rd and 4th ecoforest inventories. As a result, the land cover change layer contains "false change" polygons that must be removed to ensure the reliability of the change estimates. Consequently, the approach that was adopted consists in applying a set of methods to confirm whether or not the change layer polygons represent real land cover changes. This process generates two consistent land cover maps for Southern Québec at two points in time.

The land accounts for Southern Québec's spatial and statistical structure is made up of a grid system composed of 50 m resolution cells that constitute the land accounts' spatial units. To determine the dominant land cover type for each cell, the grid is intersected with each of the two land cover layers, then the land cover information from these layers is transferred to each grid cell. The dominant land cover data by grid unit at the beginning and at the end of the period are aggregated to provide the land cover area estimates presented in the results tables.

Voir l'avis de révision.

Ultimately, land accounts take the form of a physical account for land cover and a land cover change matrix. For example, for artificial surfaces, the Southern Québec physical account for land cover registers an opening stock of 6,637 km² and a closing stock of 7,165 km²—a net change of +528 km² or +8% between the 1990s and the 2000s. The land cover change matrix shows that the increase in artificial surfaces mostly took place at the expense of forests: 69 km² of the net gains in artificial surfaces happened at the expense of coniferous forests, 157 km², at that of deciduous forests, and 118 km², at that of mixed forests. Moreover, the agricultural land area declined by 134 km² in favour of artificial surfaces, a loss of almost 4%. As shown in the regional tables, these trends vary from one administrative region to another.

Land accounts are used to estimate the land area affected by certain land cover changes. The strength of this measurement system comes from a georeferenced statistical infrastructure that makes it possible to calculate land cover changes according to various territorial divisions, such as administrative regions or natural provinces from Québec's Ecological Reference Framework. In addition, integrating environmental data into the land accounts could lead to the development of ecosystem accounts, given that land accounts provide the basic spatial units for the SEEA's Experimental Ecosystem Accounts.

INTRODUCTION

L'ampleur grandissante des changements subis par l'environnement naturel met de plus en plus en évidence les liens d'interdépendance entre le capital naturel et le bien-être des populations humaines. D'un côté, les pressions de l'activité humaine contribuent à la fragmentation du paysage, à la contamination des plans d'eau et à la perte de biodiversité ; de l'autre, la dégradation du capital naturel engendre des effets négatifs sur la santé, des risques climatiques accrus et la raréfaction des ressources naturelles[1]. En raison de ce rapprochement entre les sphères économique et environnementale, la prise de décision éclairée devient tributaire d'une information environnementale et économique intégrée.

Le suivi de la couverture des terres selon un cadre de mesure compatible avec le Système de comptabilité nationale (SCN) est un premier pas vers l'obtention de statistiques environnementales et économiques intégrées[2]. Les comptes des terres font partie du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE), ou comptes de l'environnement, qui offre un cadre statistique complet et cohérent pour la mesure du capital naturel en rapport avec l'économie. Le projet pilote de comptes des terres pour la région administrative de la Chaudière-Appalaches, dont le rapport a été publié en juillet 2014[3], a démontré que des comptes des terres pouvaient être produits pour le sud du Québec de manière à fournir des données suffisamment fiables sur les tendances récentes relatives à la couverture des terres. Lancée à la suite de ce projet, la production des comptes des terres du Québec méridional est une entreprise pionnière de l'Institut de la statistique du Québec.

Cette production comble le manque de statistiques québécoises permettant d'évaluer globalement et de façon cohérente des phénomènes tels que l'étalement urbain ou « l'enfrichement » des terres agricoles. Les comptes des terres du Québec méridional mesurent les changements de couverture terrestre de la façon la plus fiable possible, selon les normes internationales de comptabilité environnementale et à l'aide de données existantes au Québec. Les statistiques agrégées issues des comptes des terres peuvent appuyer la prise de décision, et l'information détaillée des comptes peut faciliter la compréhension d'enjeux liés à l'environnement et l'économie et nourrir l'analyse des politiques sectorielles et environnementales. Au cours des dernières années, des comptes des terres ont été élaborés notamment pour l'Europe par l'Agence européenne pour l'environnement et, pour le Canada, par Statistique Canada[4].

Les comptes des terres permettent d'estimer la superficie des terres par type de couverture terrestre (p. ex., surfaces artificielles, terres agricoles, milieux humides, forêts) dans les années 1990 et dans les années 2000 ainsi que la superficie où se produisent les changements de couverture terrestre de deux hectares (ha) ou plus entre ces deux décennies. Les estimations des changements de couverture terrestre, produites pour différentes divisions du territoire, sont l'objet central des comptes des terres. Ces estimations reposent sur l'établissement d'un nouveau produit cartographique, soit deux cartes de couverture terrestre comparables dans le temps. Les comptes des terres mettent en valeur les données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). L'infrastructure statistique des comptes des terres est conforme aux concepts, aux définitions et aux classifications normalisés du SCEE.

1. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2016) et ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (2012).
2. La liste des indicateurs de développement durable du gouvernement du Québec présente aussi un effort en ce sens. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Les indicateurs de développement durable*, [En ligne]. [www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/indicateurs/index.htm] (Consulté le 12 mai 2015).
3. UHDE et LEBLANC (2014).
4. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2006) et STATISTIQUE CANADA (2016).

Après une brève présentation du contexte de la comptabilité nationale dans lequel se situent les comptes des terres, ainsi que des concepts et définitions propres à ces comptes (section 1), le rapport décrit les éléments du cadre méthodologique (section 2), y compris les données des inventaires écoforestiers utilisées pour élaborer les comptes des terres du Québec méridional, et leurs limites du point de vue d'un exercice de comptabilité. Notamment, les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier ne sont pas complètement comparables. Ainsi, l'approche pour réduire les erreurs attribuables à ce défaut de comparabilité, élaborée avec l'aide d'un groupe interministériel de travail sur la méthodologie des comptes des terres mis en place par l'Institut, est un élément clé du cadre méthodologique.

Les données écoforestières déterminent le territoire d'étude et la période de référence des comptes des terres. Basée sur une première proposition développée lors de la réalisation du projet pilote pour la région de la Chaudière-Appalaches, la méthodologie utilise une classification simplifiée de la couverture terrestre du Québec, des règles de classification regroupées dans un modèle décisionnel pour constituer les couches de couverture terrestre du début et de la fin de la période de référence à partir des cartes écoforestières, ainsi qu'un système de grilles qui forme la structure spatiale et statistique des comptes des terres. Ce système de grilles a une valeur en soi, puisqu'il permettra l'organisation d'autres données, soit des données environnementales ou socioéconomiques.

L'agrégation des données des comptes des terres permet d'estimer les superficies et les changements de couverture terrestre. Les résultats, exprimés en km^2, sont compilés dans un compte physique de couverture terrestre et dans une matrice des changements de couverture terrestre pour le territoire du Québec méridional dans son ensemble, puis pour chacune des régions administratives et des provinces naturelles du cadre écologique de référence du Québec (CERQ) qui recoupe le territoire d'étude (section 3 et annexe III). Les données écoforestières ne peuvent pas fournir une estimation fiable de certains changements de couverture terrestre et les erreurs inhérentes à certaines estimations ne peuvent pas être quantifiées. Les comptes des terres du Québec méridional procurent néanmoins des données statistiques pertinentes, cohérentes et intelligibles pour le suivi de la couverture terrestre dans la partie sud du Québec. L'annexe I décrit la méthodologie détaillée des comptes des terres, tandis que l'annexe II présente la classification complète de la couverture terrestre du Québec.

Chapitre 1

CONTEXTE, CONCEPTS ET APPLICATIONS

Composante du Cadre central du Système de comptabilité économique et environnementale (Cadre central du SCEE) et situés par le fait même dans le contexte de la comptabilité nationale, les comptes des terres peuvent notamment être utilisés pour rendre l'aménagement du territoire plus durable. Le SCEE, ou comptes de l'environnement, forme un cadre statistique complet, détaillé et cohérent pour la mesure du capital naturel[1]. Il élargit le domaine de mesure du Système de comptabilité nationale (SCN) pour améliorer la connaissance de la dégradation du capital naturel et des interactions entre l'économie et l'environnement. Le manuel du SCEE, produit par un groupe d'organismes internationaux, dont les Nations unies, contient l'ensemble des concepts, définitions, classifications et règles comptables relatifs aux comptes de l'environnement[2]. Au même titre que le SCN, le Cadre central du SCEE est devenu une norme statistique en 2012. Puisque les comptes des terres en font partie, leur structure est balisée par une norme[3].

Le Cadre central du SCEE décrit les flux de matière et d'énergie qui circulent entre l'économie et l'environnement, ainsi que les stocks d'actifs environnementaux et les changements affectant les stocks. Il compile de l'information sur l'eau, les minéraux, l'énergie, le bois, les pêcheries, le sol, les terres, la pollution et les déchets (Nations unies et autres, 2016 : § 1.4). Il enregistre les stocks de tous les actifs environnementaux[4], qu'ils aient une valeur marchande ou non, en unités monétaires ou en unités physiques (par ex., en kilogrammes, en mètres cubes ou en km^2). Les comptes des terres sont des comptes d'actifs qui enregistrent le stock de terres, en unités de superficie ou en unités monétaires, au début et à la fin d'une période, ainsi que les changements affectant le stock au cours de cette période. Dans le cas des comptes des terres du Québec méridional, ce stock est classifié selon la couverture terrestre et est mesuré en km^2. Les comptes d'actifs en terres sont présentés au chapitre 5.6 du Cadre central.

Selon le SCEE, « [les] terres sont un actif environnemental spécifique qui délimite l'espace où se déroulent les activités économiques et les processus environnementaux et dans lequel sont situés les actifs environnementaux et les actifs économiques[5] ». Dans le contexte du SCEE, les terres incluent les étendues d'eau. La couverture terrestre est « la couverture physique et biologique observée de la surface de la Terre [et] englobe les surfaces végétales et abiotiques (non vivantes) naturelles[6] ». La couverture terrestre peut être une forêt, une étendue d'arbustes, un plan ou un cours d'eau, etc. Elle diffère de l'utilisation des terres, qui « correspond à la fois : a) aux activités entreprises ; et b) aux arrangements institutionnels mis en place pour une zone déterminée aux fins de la production économique ou de la préservation et de la restauration des fonctions environnementales[7] ». Il arrive que les deux concepts se confondent, notamment dans le cas des terres agricoles et des surfaces artificielles.

1. *System of Environmental Economic Accounting (SEEA) – Central Framework*. Pour de l'information en français au sujet des comptes de l'environnement, voir la version française du Cadre central (Nations unies et autres, 2016), ainsi que UHDE et autres (2010).
2. Voir : DIVISION DE STATISTIQUE DES NATIONS UNIES, *SEEA Revision*, [En ligne]. [unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/] (Consulté le 15 décembre 2016).
3. Le texte de cette section résume le contenu du chapitre 1 du rapport *Comptes des terres : région de Chaudière-Appalaches, Projet pilote* (Uhde et Leblanc, 2014 : 19-26). Voir aussi l'annexe 1 du rapport de 2014, qui compare le SCN, le Cadre central et les Comptes expérimentaux des écosystèmes du SCEE (*ibid.*, p. 89-90).
4. « Les actifs environnementaux sont les composantes biologiques et non vivantes naturelles de la Terre. Constitutifs de l'environnement biophysique, ces actifs peuvent procurer des avantages à l'humanité. » (Nations unies et autres, 2016 : § 2.17). Un stock est une quantité finie d'actifs à un temps donné. Un flux renvoie au mouvement et à l'utilisation de matériel, d'eau, d'énergie ou de services. Un flux peut représenter une perte ou un gain de stock.
5. NATIONS UNIES et autres (2016), § 5.239.
6. *Ibid.*, § 5.257. La traduction française du manuel des Nations unies a choisi l'expression « occupation des sols ». L'expression « couverture terrestre », utilisée dans les comptes des terres du Québec méridional, est synonyme « d'occupation des sols ».
7. *Ibid.*, § 5.246.

Dans le cas présent, les comptes des terres prennent ultimement la forme d'un compte physique de couverture terrestre et d'une matrice des changements de couverture terrestre. Pour une période de temps et un territoire donnés, le compte physique de couverture terrestre enregistre le stock d'ouverture, le stock de fermeture et l'augmentation ou la diminution du stock pour chaque classe de couverture terrestre (Nations unies et autres, 2016 : 198-202). La matrice des changements de couverture terrestre est une déclinaison plus détaillée du compte physique. Elle présente les changements qui touchent une classe de couverture terrestre, selon les classes de couverture qu'elle a remplacées et selon celles qui l'ont remplacée. Par exemple, elle permet d'évaluer la superficie de terres agricoles qui a été remplacée par d'autres classes de couverture terrestre (forêts, surfaces artificielles, etc.) ou, à l'inverse, les superficies des autres classes de couverture qui sont devenues des terres agricoles.

Les comptes des terres fournissent des statistiques qui permettent d'effectuer le suivi de la couverture des terres et l'analyse de son évolution dans le temps. La puissance de ces statistiques découle d'une infrastructure de données géoréférencées qui offre de la flexibilité de calcul et permet de calculer les changements de couverture terrestre selon divers découpages géographiques : l'information peut être agrégée par région administrative et éventuellement par municipalité régionale de comté (MRC), pour la zone agricole du Québec, ou encore selon le découpage du cadre écologique de référence du Québec (CERQ) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Ainsi, les comptes des terres pourront appuyer le gouvernement et les administrations régionales et locales dans les politiques qu'ils adoptent en vue de favoriser l'aménagement durable du territoire.

Les comptes des terres donnent une mesure du gain ou de la perte en km^2 des différents types de couverture terrestre et renseignent sur les causes des changements de couverture, ce qui permet par exemple de déterminer au profit de quels types de couverture un milieu humide est disparu. Ainsi, il est possible d'évaluer la superficie touchée par certains phénomènes de changement de couverture, par exemple, l'étalement urbain, l'afforestation des terres agricoles (« enfrichement »), l'extension de l'agriculture, le drainage des milieux humides, l'enrésinement des forêts, etc. (Nations unies et autres, 2016 : § 5.278). L'analyse basée sur ces statistiques pourra soutenir – de façon intégrée – les mesures et les politiques qui visent à modérer l'étalement, conserver les milieux naturels ou favoriser la protection du territoire agricole. Elle permettra également de vérifier l'atteinte d'objectifs et d'évaluer l'impact de mesures et politiques diverses sur le territoire[8].

De plus, l'infrastructure de données des comptes des terres pourra incorporer des données environnementales ou socioéconomiques. Notamment, les comptes des terres fournissent les unités spatiales de base des comptes des écosystèmes[9]. L'intégration de données relatives aux écosystèmes dans les comptes des terres permettra de considérer l'état des écosystèmes et les services qu'ils génèrent et d'appuyer directement les efforts de conservation de la biodiversité ou d'adaptation aux changements climatiques. Ainsi, les comptes des terres promettent d'être utiles à une diversité d'utilisateurs : ministères et organismes gouvernementaux, population en général, chercheurs universitaires et organisations non gouvernementales.

8. Voir la *Stratégie gouvernementale de développement durable 2015-2020*, [En ligne]. [www.mddelcc.gouv.qc.ca/developpement/strategie-gouvernementale/] ; la *Stratégie pour assurer l'occupation et la vitalité des territoires 2011-2016*, [En ligne]. [www.mamot.gouv.qc.ca/occupation-et-vitalite-des-territoires/strategie/] ; la *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*, [En ligne]. [www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/climatiques/strategie-adaptation.htm] (Consultés le 26 mai 2017).
9. Les Comptes expérimentaux des écosystèmes ne font pas partie du Cadre central du SCEE ; ils sont l'objet du deuxième chapitre du SCEE. Voir : UNITED NATIONS et autres (2014).

Chapitre 2

CADRE MÉTHODOLOGIQUE RÉVISÉ DES COMPTES DES TERRES DU QUÉBEC MÉRIDIONAL

Le cadre méthodologique révisé des comptes des terres du Québec méridional a été élaboré sur la base d'une première proposition méthodologique testée lors de la réalisation du projet pilote pour la région administrative de la Chaudière-Appalaches[1]. La révision de la méthodologie visait à l'optimiser afin d'obtenir les meilleures estimations possibles des changements de couverture terrestre à partir de données existantes. En effet, les résultats du projet pilote comprenaient diverses erreurs ; l'analyse de ces résultats permettait déjà d'énoncer quelques pistes d'amélioration. L'annexe I décrit les étapes de la méthodologie en détail, en particulier les aspects qui diffèrent par rapport à la méthodologie du projet pilote.

Les comptes des terres du Québec méridional mesurent la superficie des terres par type de couverture terrestre au début et à la fin d'une période de référence ainsi que les changements de couverture terrestre de deux hectares (ha) ou plus qui surviennent au cours de cette période sur le territoire de la province situé approximativement au sud du 51^e parallèle. La mesure des changements exprime le passage subit ou graduel d'un espace de terrain d'une certaine classe de couverture terrestre vers une nouvelle classe. Les comptes des terres forment un système d'information géographique (SIG) basé sur les données du 3^e et du 4^e inventaire écoforestier du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Étant donné qu'elles couvrent tout le territoire du Québec méridional et qu'elles sont précises spatialement, ces données sont les meilleures disponibles sur lesquelles fonder les comptes des terres du Québec méridional (section 2.1). Le cadre méthodologique des comptes des terres se base sur le respect des normes du SCEE, ainsi que sur les bonnes pratiques en matière de géomatique.

Le schéma de la figure 2.1 (p. 31) illustre les liens qui existent entre les principaux éléments du cadre méthodologique, y compris les principales opérations de géomatique de la méthodologie. Les données écoforestières délimitent l'essentiel du territoire d'étude (section 2.2). Le Système sur les découpages administratifs (SDA) du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec (MERN) permet de compléter l'étendue territoriale au sud et de délimiter les régions administratives. Le début (*t0*) et la fin (*t1*) de la période de référence (section 2.3) sont déterminés, respectivement, par les données du 3^e et du 4^e inventaire écoforestier. Les limites du territoire d'étude et la période de référence forment le contexte des estimations de changement en km^2 présentées à la section 3.

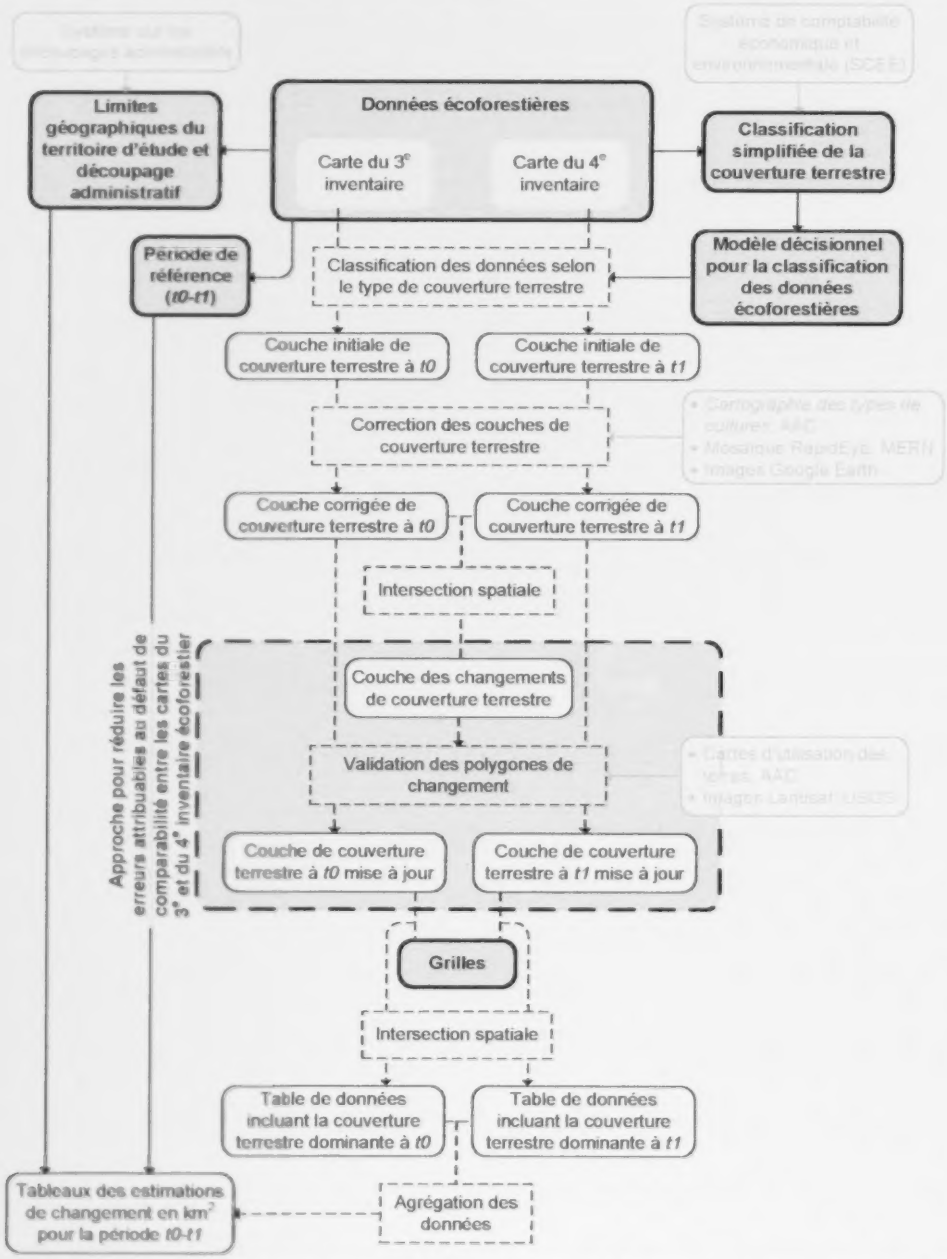
De plus, l'information relative à la couverture terrestre que procurent les deux générations de données écoforestières permet d'établir la classification simplifiée de la couverture terrestre du Québec, qui découle d'une adaptation de la classification normalisée du SCEE (section 2.4 et annexe II). Conformément à la classification simplifiée, le modèle décisionnel (section 2.5) permet de classifier les données du 3^e et du 4^e inventaire écoforestier selon le type de couverture qu'elles indiquent, ce qui sert à produire les couches de couverture terrestre au temps 0 (*t0*) et au temps 1 (*t1*), respectivement. L'intersection spatiale de ces deux couches permet de générer la couche des changements de couverture terrestre, qui est le principal intrant dans l'approche élaborée pour réduire les erreurs attribuables au défaut de comparabilité entre les cartes du 3^e et du 4^e inventaire. Cette approche forme l'étape clé de la nouvelle méthodologie, car elle permet d'obtenir de meilleures estimations des changements de couverture. Elle prévoit la validation des changements et la mise à jour subséquente des couches de couverture terrestre à *t0* et à *t1* (section 2.6).

1. UHDE et LEBLANC (2014).

Enfin, un système de grilles a été conçu pour structurer l'information des couches de couverture terrestre mises à jour (section 2.7). L'intersection spatiale de la grille et de chacune des deux couches de couverture terrestre produit deux tables de données qui contiennent la couverture terrestre dominante à *t0* et à *t1* à l'intérieur de chaque cellule de la grille. Ce sont les données de couverture dominante en début et en fin de période qui sont agrégées pour donner les tableaux d'estimations présentés à la section des résultats (section 3). Pour appuyer la révision du cadre méthodologique, un groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional s'est réuni trois fois entre l'automne 2014 et l'hiver 2015. La nouvelle méthodologie reflète ainsi l'expertise détenue par le MFFP, le MERN, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), l'Institut et Canards Illimités[2].

2. Le Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional a réuni, en plus des auteurs du présent rapport, André Fauchon (Direction des inventaires forestiers, MFFP), Éric Gagnon (Direction de la méthodologie, ISQ), Marcel Darveau (Canards Illimités), Mathieu Rousseau (Direction du développement et de l'aménagement du territoire agricole, MAPAQ) et Stephan Côté (Direction de la cartographie générale et administrative, MERN).

Figure 2.1
Schéma du cadre méthodologique des comptes des terres du Québec méridional incluant les principales opérations de géomatique de la méthodologie



Note : Les boîtes grises entourées d'une ligne en gras renvoient aux principaux éléments du cadre méthodologique (sections 2.1 à 2.7); les lignes pointillées désignent les opérations de géomatique; les boîtes blanches correspondent aux couches produites lors de ces traitements.

© Gouvernement du Québec, Institut de la statistique du Québec.

2.1 DONNÉES ÉCOFORESTIÈRES

Le projet de comptes des terres du Québec méridional est basé sur les données de l'inventaire écoforestier du Québec méridional, lesquelles sont produites par la Direction des inventaires forestiers du MFFP[3]. Les cartes issues de cet inventaire, présentées à l'échelle de 1/20 000, décrivent tout le territoire du Québec méridional, qu'il soit forestier ou non, jusqu'aux alentours du 51e parallèle. Ces données sont produites périodiquement pour appuyer l'aménagement des forêts et planifier l'exploitation des ressources forestières. Les comptes des terres utilisent la couche par peuplement écoforestier des données du 3e et du 4e inventaire écoforestier, qui comprend l'hydrographie surfacique.

Les cartes écoforestières sont constituées de polygones qui délimitent des surfaces et sont associées à des tables de données qui fournissent plusieurs éléments d'information sur la couverture terrestre[4]. Elles divisent le territoire en catégories de terrain : « Étendue d'eau », « Terrain à vocation non forestière », « Terrain forestier improductif » ou « Terrain forestier productif ». Les étendues d'eau sont les lacs, les cours d'eau assez larges pour que leur surface soit cartographiée, et les sites inondés. Les terrains à vocation non forestière sont ceux affectés, par exemple, aux usages résidentiels, industriels ou agricoles. La densité du couvert forestier y est inférieure à 25 %. Les terrains forestiers improductifs sont des aulnaies et des terrains dénudés secs ou humides : ils sont « incapables de produire 30 m^3 ou plus de matière ligneuse à l'hectare en moins de 120 ans ». Cette désignation signifie généralement que la densité du couvert y est inférieure à 25 %. Enfin, les terrains forestiers productifs – les forêts à proprement parler – sont ceux qui sont « capables de produire 30 m^3 ou plus de matière ligneuse à l'hectare en moins de 120 ans » (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015 : 35-39).

Des attributs additionnels permettent de caractériser les différents terrains. Les terrains forestiers productifs et improductifs et certaines catégories de terrain à vocation non forestière sont entre autres caractérisés selon le « type écologique ». Cette variable décrit la « végétation potentielle » du terrain – soit les « caractéristiques de la végétation présente ou susceptible de s'installer en un lieu en l'absence de perturbations » – et les « caractéristiques physiques du milieu » (*Ibid.*, p. 97-103). Plusieurs variables additionnelles permettent de caractériser les terrains de la carte écoforestière : par exemple, le type de couvert de la forêt (feuillu, résineux ou mixte), les perturbations naturelles ou anthropiques qu'elle a subies, la composition, la densité, la hauteur et l'âge du peuplement, et le dépôt de surface, c'est-à-dire la « couche de matériau meuble qui recouvre le roc » (*Ibid.*, p. 79).

Les étapes de l'inventaire écoforestier se résument en l'interprétation de photos aériennes, la cueillette de données sur le terrain par parcelle d'échantillonnage et la compilation des données pour estimer le volume de bois disponible[5]. La photo-interprétation du 4e inventaire est effectuée à partir des cartes du 3e inventaire. Le contour cartographique des peuplements est alors révisé. Les règles de révision font en sorte que l'imprécision des contours est inférieure à 20 m. De plus, pour uniformiser la façon dont le territoire est interprété, les terrains sont délimités selon une « aire minimale d'interprétation » – soit la superficie minimale qu'un élément du territoire doit avoir pour être délimité – et selon une largeur minimale de 20 m. Dans le 4e inventaire, l'aire minimale d'interprétation varie de 0,1 à 8 ha selon le type d'élément circonscrit (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015 : 29-30). Elle varie de 2 à 8 ha dans le cas du 3e inventaire. Par exemple, une forêt de moins de 2 ha cernée d'une terre agricole n'apparaîtra pas sur la carte du 3e inventaire (voir le tableau AI.6.2.1, p. 141)[6].

3. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, *Cartes et données écoforestières*, mai 2016.
4. La description des données écoforestières s'appuie sur les normes du 4e et du 3e inventaire et ne tient pas compte des modifications apportées aux normes pour le 5e inventaire.
5. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, *L'inventaire écoforestier du Québec méridional*, [En ligne]. [www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/inventaire-quebec-meridional.jsp] (Consulté le 1er septembre 2017).
6. Voir MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC (1995), p. 11, tableau 3, « Aire minimale d'interprétation ».

La réalisation d'un inventaire écoforestier pour l'ensemble du Québec méridional prend de dix à quinze ans. Pour une unité d'aménagement donnée, un exercice d'inventaire commence habituellement l'année qui suit l'acquisition des photos et s'étend sur quatre ans[7]. La réalisation du 4e inventaire est en cours et devrait être complétée en 2018. Selon l'année de prise de la photo, la fourchette d'années représentées par les données du 3e inventaire écoforestier s'étend de 1990 à 1999, et celle des données du 4e inventaire (non achevé), de 2000 à 2015. Le territoire couvert par l'inventaire et les années représentées déterminent les limites géographiques du territoire d'étude et la période de référence (sections 2.2 et 2.3).

Qualité des données écoforestières par rapport au projet de comptes des terres

Au regard de l'utilisation spécifique qui en est faite, les données écoforestières présentent certaines limites par rapport aux critères de qualité de la statistique. Les critères de qualité en cause sont l'actualité, la fiabilité et la comparabilité (voir section 2.8). L'actualité de l'information fait référence à sa « disponibilité en temps opportun et au moment prévu » (Institut de la statistique du Québec, 2006 : 12). La fiabilité de l'information renvoie à sa « conformité à la réalité qu'elle doit décrire » (*Ibid.*, p. 11). La comparabilité des données se définit comme la « possibilité de [leur] combinaison avec d'autres renseignements similaires (dans le temps [...]) ». Pour l'élaboration des comptes des terres, les données écoforestières sont « traduites » en deux cartes de couverture terrestre représentant le début et la fin d'une période de référence.

Les données écoforestières présentent un défaut d'actualité. Quatre ans s'écoulent entre l'acquisition des photos et la disponibilité des cartes, et dix à quinze années sont nécessaires pour compléter un inventaire. De fait, tous les secteurs ne sont pas couverts en même temps, et l'actualité des données dépend du secteur. En ce qui concerne la traduction de ces données en information sur la couverture terrestre, certains attributs des données écoforestières sont imprécis. En effet, ces données n'ont pas été produites spécifiquement pour décrire la couverture terrestre et n'indiquent pas toujours de façon explicite la nature de la couverture terrestre, en particulier pour les terrains dits « à vocation non forestière ». Par exemple, la couverture terrestre d'un « milieu faiblement perturbé par l'activité humaine (milieu physique peu perturbé) » – qui pourrait être un camping, un camp forestier, un cimetière d'automobiles, etc. – ne peut pas être établie sans ambiguïté. De plus, pour les îles d'un hectare ou moins ou pour les « territoires non photo-interprétés » de la carte du 3e inventaire, aucune information ne permet d'établir la couverture terrestre.

En outre, les cartes du 3e et du 4e inventaire ne sont pas pleinement comparables. Ce problème de comparabilité se pose dans le contexte particulier des comptes des terres, dont la principale finalité consiste à mesurer les changements de couverture terrestre[8]. Des différences de définition, de méthodologie et d'interprétation, ainsi que des erreurs de saisie ou d'interprétation expliquent ce problème de comparabilité (encadré 2.1.1, page suivante). Le cadre méthodologique révisé propose une stratégie originale pour résoudre ce problème de comparabilité (section 2.6).

7. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, *L'inventaire écoforestier du Québec méridional*, [En ligne]. [www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/inventaire-quebec-meridional.jsp] (Consulté le 1er septembre 2017).

8. Voir la figure AI.6.1.3, p. 132, à l'annexe I, pour une illustration particulière du problème de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier.

Encadré 2.1.1

Différences entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier

- Différences de définition et de méthodologie :
  - différences dans la définition de certaines catégories de terrain, par exemple des sites inondés ;
  - différences dans la méthodologie de subdivision du territoire : pour la délimitation des terrains à vocation non forestière, la méthodologie du 3e inventaire se base souvent sur l'affectation des terres, tandis que celle du 4e inventaire relève de la photo-interprétation ;
  - différences dans la façon d'appliquer des définitions lors de l'interprétation de certains types de terrain, par exemple les terrains à vocation non forestière (milieux perturbés par l'activité humaine, terres agricoles) ou les peuplements forestiers.
- Différences de méthodologie ayant trait aux aires minimales d'interprétation qui ont varié entre les deux inventaires. De façon générale, les aires minimales d'interprétation du 4e inventaire sont deux fois plus petites que celles du 3e inventaire. Des terrains distincts semblent « apparaître » sur la carte du 4e inventaire.
- Différences d'interprétation dues au fait que les cartes sont le résultat de deux exercices distincts de photo-interprétation, bien que les mêmes définitions et les mêmes méthodes soient utilisées.
  - Écarts de géométrie mineurs. La carte du 3e inventaire sert d'intrant à l'exercice de photo-interprétation du 4e inventaire, mais les lignes des polygones sont le plus souvent retracées. En particulier, l'évolution technologique qui s'est produite entre les deux inventaires pour améliorer la précision spatiale de la carte cause un décalage par endroits entre les cartes du 3e et du 4e inventaire.
  - Variation dans la caractérisation écologique des peuplements, relative par exemple à la classe de drainage, entre les deux inventaires. La technologie a évolué et les photo-interprètes ont gagné en expérience entre le 3e et le 4e inventaire[1].
- Erreurs de saisie ou d'interprétation. Notamment, la technologie plus évoluée utilisée lors du 4e inventaire permet de mesurer plus précisément les superficies afin de respecter plus fidèlement les aires minimales d'interprétation et de mieux interpréter le territoire. Des terrains ont pu être omis lors de l'exercice de photo-interprétation du 3e inventaire (p. ex., des terrains forestiers improductifs à l'intérieur de terrains forestiers ayant subi une coupe totale ou un feu).

1. Luc Gagné, Direction des inventaires forestiers, MFFP, communication personnelle.

2.2 LIMITES GÉOGRAPHIQUES ET DÉCOUPAGES DU TERRITOIRE D'ÉTUDE

Les limites géographiques du territoire d'étude sont définies au nord par la couverture géographique commune au 3e et au 4e inventaire écoforestier, et à l'ouest, au sud et à l'est par le Système sur les découpages administratifs (SDA) du MERN. Les limites géographiques comprennent l'aire totale du territoire d'étude, ce qui équivaudra au stock total de terres du Québec méridional lorsque le 4e inventaire sera achevé. Le fleuve Saint-Laurent et le golfe du Saint-Laurent, qui sont considérés comme des eaux intérieures, font partie de l'aire totale du territoire et sont comptabilisés dans le stock de terres. Ainsi, l'aire couverte par l'inventaire écoforestier a été complétée au sud et à l'est en y annexant des zones d'eau (voir annexe I, section AI.2).

Les tableaux de résultats sont produits selon deux systèmes de découpage : le SDA sert à délimiter les territoires administratifs des comptes des terres[9], tandis que le cadre écologique de référence du Québec (CERQ) délimite les territoires de comptabilité écosystémiques[10] (les résultats produits selon le CERQ sont présentés à l'annexe III). Le SDA définit les frontières du Québec et les limites des régions administratives, des MRC[11] et des municipalités. Il est la référence officielle des systèmes d'information géographique du gouvernement du Québec en ce qui concerne les limites administratives. Le CERQ subdivise la province en fonction des formes de terrain (géologie, relief, dépôts de surface, etc.) et du réseau hydrographique. Il offre un système de découpage hiérarchique dont les deux premiers niveaux sont la province naturelle et la région naturelle[12].

La carte présentée à la figure 2.2.1 (page suivante) montre les limites géographiques du territoire d'étude, y compris l'aire commune aux 3e et 4e inventaires écoforestiers, l'aire en attente de traitement du 4e inventaire et les zones d'eau annexées, ainsi que les limites des provinces naturelles et des régions administratives. Les régions administratives du Saguenay–Lac-Saint-Jean, de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec ne sont que partiellement couvertes par le territoire d'étude. Le tableau 2.2.1 (page suivante) montre dans quelle proportion le territoire d'étude couvre chaque région administrative (le tableau AIII.1, p. 161, fait de même pour chaque province naturelle qui chevauche le territoire d'étude).

La réalisation du 4e inventaire écoforestier est toujours en cours. Les secteurs où l'inventaire n'a pas encore été complété sont classés comme « En attente de traitement ». De plus, certaines zones couvertes par les inventaires ne contiennent pas l'information requise pour définir la couverture terrestre. Ces zones sont regroupées dans la classe « Pas de données » (section 2.4 et annexe I, sections AI.1 et AI.10). Qu'elles proviennent des cartes du 3e ou du 4e inventaire, les superficies classées comme « En attente de traitement » ou « Pas de données » sont exclues des estimations du stock de terres telles qu'elles figurent dans les tableaux de résultats à la section 3. En effet, le changement de couverture terrestre (ou l'absence de changement) est inconnu pour ces superficies. Les deux dernières colonnes du tableau 2.2.1 montrent la part de chaque région administrative couverte par le territoire d'étude, à l'exception des superficies qui appartiennent aux classes « Pas de données » et « En attente de traitement ».

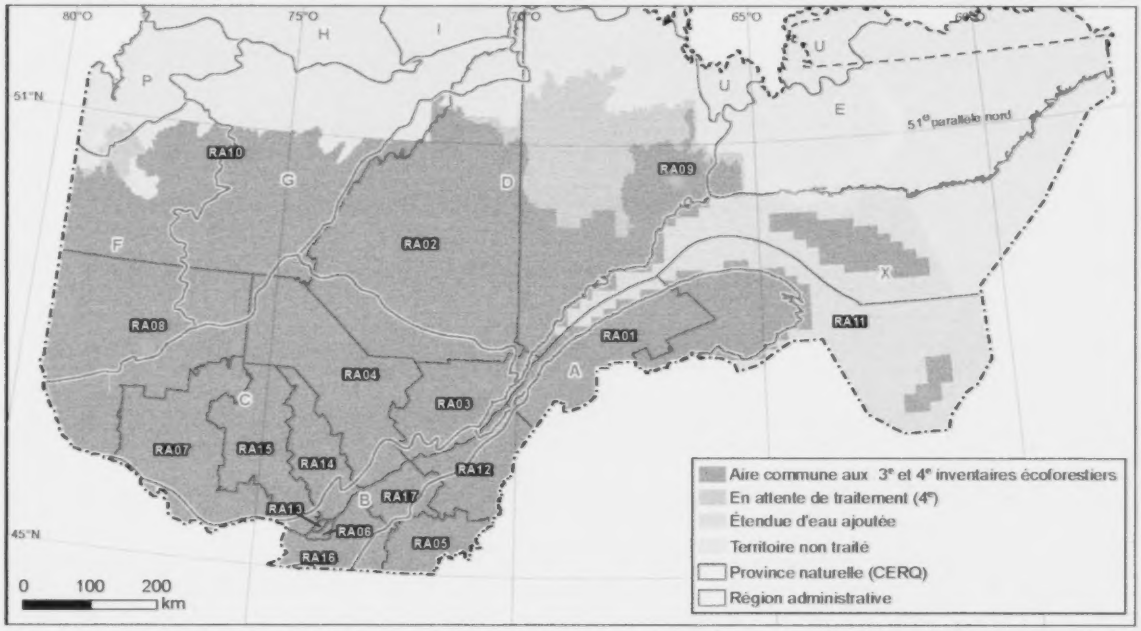
9. SDA de juin 2017.

10. « *Ecosystem accounting area* ». Voir JOINT UNEP / UNSD / CBD PROJECT ON ADVANCING NATURAL CAPITAL ACCOUNTING (2017), *SEEA Experimental Ecosystem Accounting : Technical Recommendations*, Consultation Draft, V4.1 : 6 March 2017, p. 39, [En ligne]. [unstats.un.org/unsd/envaccounting/eea_project/TR_consultation/SEEA_EEA_Tech_Rec_Consultation_Draft_II_v4.1_March2017.pdf] (Consulté le 1er septembre 2017).

11. La version géographique des MRC comprend les MRC au sens juridique et les territoires équivalents (TE) à une MRC, de même que les communautés amérindiennes et les villages nordiques situés dans le pétimètre des MRC ou qui constituent des TE.

12. MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES, *Le cadre écologique de référence du Québec (CERQ)*, [En ligne]. [www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/cadre-ecologique/rapports/cer_partie_1.pdf] (Consulté le 1er septembre 2017).

Figure 2.2.1
Carte du territoire d'étude et limites des régions administratives et des provinces naturelles



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017 ; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau 2.2.1
Part de chaque région administrative couverte par le territoire d'étude

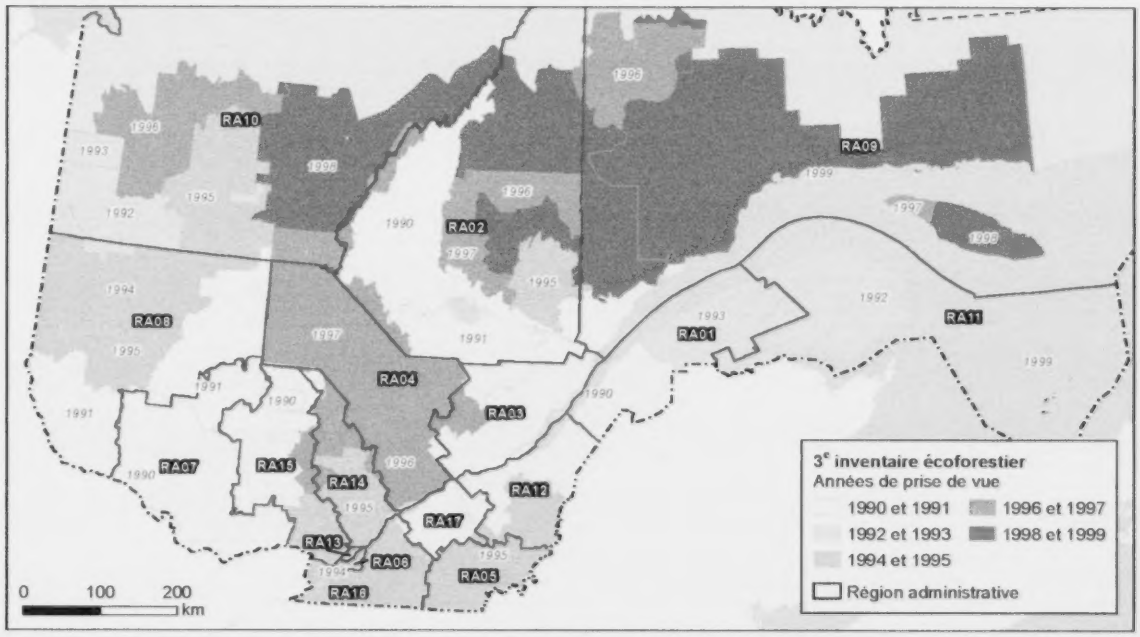
Code	Nom	Part couverte par le territoire d'étude			
		(y compris les superficies « Pas de données » et « En attente de traitement »)		(excluant les superficies « Pas de données » et « En attente de traitement »)	
		%	km²	%	km²
01	Bas-Saint-Laurent	100,0	28 403,1	100,0	28 395,2
02	Saguenay–Lac-Saint-Jean	89,9	95 786,5	88,7	94 445,3
03	Capitale-Nationale	100,0	20 971,7	100,0	20 964,0
04	Mauricie	100,0	39 921,0	99,9	39 894,6
05	Estrie	100,0	10 507,3	100,0	10 505,2
06	Montréal	100,0	625,0	99,9	624,5
07	Outaouais	100,0	34 078,5	99,9	34 041,8
08	Abitibi-Témiscamingue	100,0	64 662,6	99,8	64 558,9
09	Côte-Nord	34,8	132 287,2	24,7	94 095,6
10	Nord-du-Québec	9,6	83 007,7	9,2	79 270,2
11	Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	100,0	78 180,1	99,7	77 973,5
12	Chaudière-Appalaches	100,0	16 130,5	100,0	16 127,7
13	Laval	100,0	266,8	99,9	266,5
14	Lanaudière	100,0	13 514,7	99,9	13 505,4
15	Laurentides	100,0	22 518,5	99,9	22 504,8
16	Montérégie	99,9	11 837,4	99,6	11 807,0
17	Centre-du-Québec	100,0	7 261,9	100,0	7 259,7

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

2.3 PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

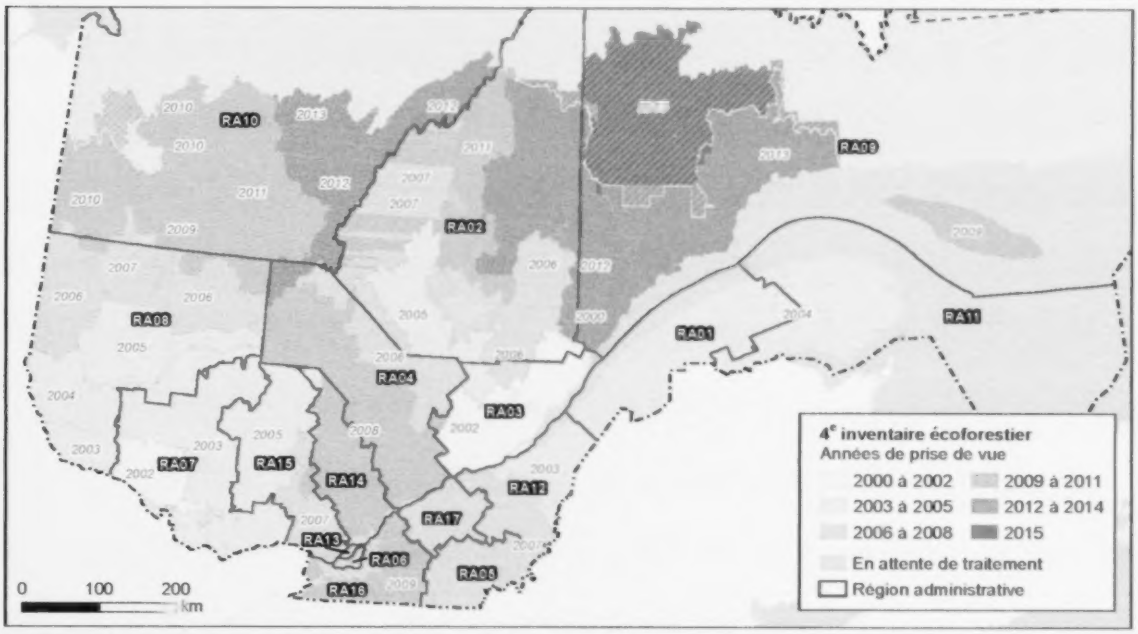
La période de référence des comptes des terres est déterminée par l'année de prise des photos des inventaires écoforestiers. Les années de prise de vue du 3e inventaire définissent le début de la période, et celles du 4e inventaire, la fin de la période. Puisque l'inventaire écoforestier est réalisé secteur par secteur sur plus d'une décennie, l'année de début et de fin de la période varie par secteur. De plus, les limites des secteurs (ou unités d'aménagement) ne correspondent pas au découpage administratif. Chaque région administrative comprend plusieurs années de prise de vue pour chacun des deux inventaires (figures 2.3.1 et 2.3.2). Pour chaque région, l'année qui définit le début ou la fin de la période de référence est la médiane des années de prise de vue représentées à l'intérieur de la région, pondérée selon la part de couverture de ces prises de vue à l'intérieur de la région. La médiane pondérée permet d'obtenir l'année la plus représentative des prises de vue par région. Le tableau 2.3.1 (page suivante) montre la période de référence pour chaque région administrative. Le début de la période varie de 1990 à 1999, la fin, de 2002 à 2013, tandis que la durée de la période de référence varie de 11 à 15 ans (le tableau AIII.2, p. 161, présente la période de référence des provinces naturelles, établie selon la même méthode).

Figure 2.3.1
Carte des années de prise de vue du 3e inventaire écoforestier et des limites des régions administratives



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Figure 2.3.2
Carte des années de prise de vue du 4e inventaire écoforestier et des limites des régions administratives



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 2.3.1
Années de début (*t0*) et de fin (*t1*) et durée de la période de référence définie pour chaque région administrative

Code géographique	Nom	*t0*	*t1*	Durée
				Années
01	Bas-Saint-Laurent	1993	2004	11
02	Saguenay–Lac-Saint-Jean	1995	2008	13
03	Capitale-Nationale	1990	2002	12
04	Mauricie	1997	2008	11
05	Estrie	1995	2007	12
06	Montréal	1994	2007	13
07	Outaouais	1990	2003	13
08	Abitibi-Témiscamingue	1994	2005	11
09	Côte-Nord	1999	2013	14
10	Nord-du-Québec	1996	2011	15
11	Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	1992	2004	12
12	Chaudière-Appalaches	1990	2003	13
13	Laval	1994	2007	13
14	Lanaudière	1995	2008	13
15	Laurentides	1991	2005	14
16	Montérégie	1994	2009	15
17	Centre-du-Québec	1991	2006	15

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

2.4 CLASSIFICATION SIMPLIFIÉE DE LA COUVERTURE TERRESTRE DU QUÉBEC

La classification simplifiée de la couverture terrestre du Québec, qui découle de la classification complète de la couverture terrestre du Québec, traduit l'information tirée des données écoforestières en un plus petit nombre de classes de couverture. La classification complète, présentée à l'annexe II (p. 153), a été adaptée à partir de la classification du SCEE, en tenant compte de l'information qui peut être tirée des données de l'inventaire écoforestier. La classification simplifiée reflète le fait que les données du 3e inventaire ne permettent pas de distinguer toutes les classes de couverture terrestre. Les classes « Pas de données » et « En attente de traitement » s'ajoutent à la classification, pour tenir compte du fait que, d'une part, les données écoforestières ne procurent pas d'indication sur la couverture terrestre pour tout le territoire couvert et que, d'autre part, la carte du 4e inventaire n'est pas encore complétée. Le compte physique de couverture terrestre et la matrice des changements de couverture terrestre sont organisés selon les classes présentées au tableau 2.4.1.

Tableau 2.4.1
Classification simplifiée de la couverture terrestre du Québec

Classe de couverture	Code
Surfaces artificielles	01
Terres agricoles	02
Milieux humides forestiers	06
Milieux humides herbacés ou arbustifs	07
Plans et cours d'eau intérieure	10
Forêts de conifères à couvert fermé	110101
Forêts de feuillus à couvert fermé	110102
Forêts mixtes à couvert fermé	110103
Forêts à couvert ouvert	1102
Pas de données	000000
En attente de traitement	000001

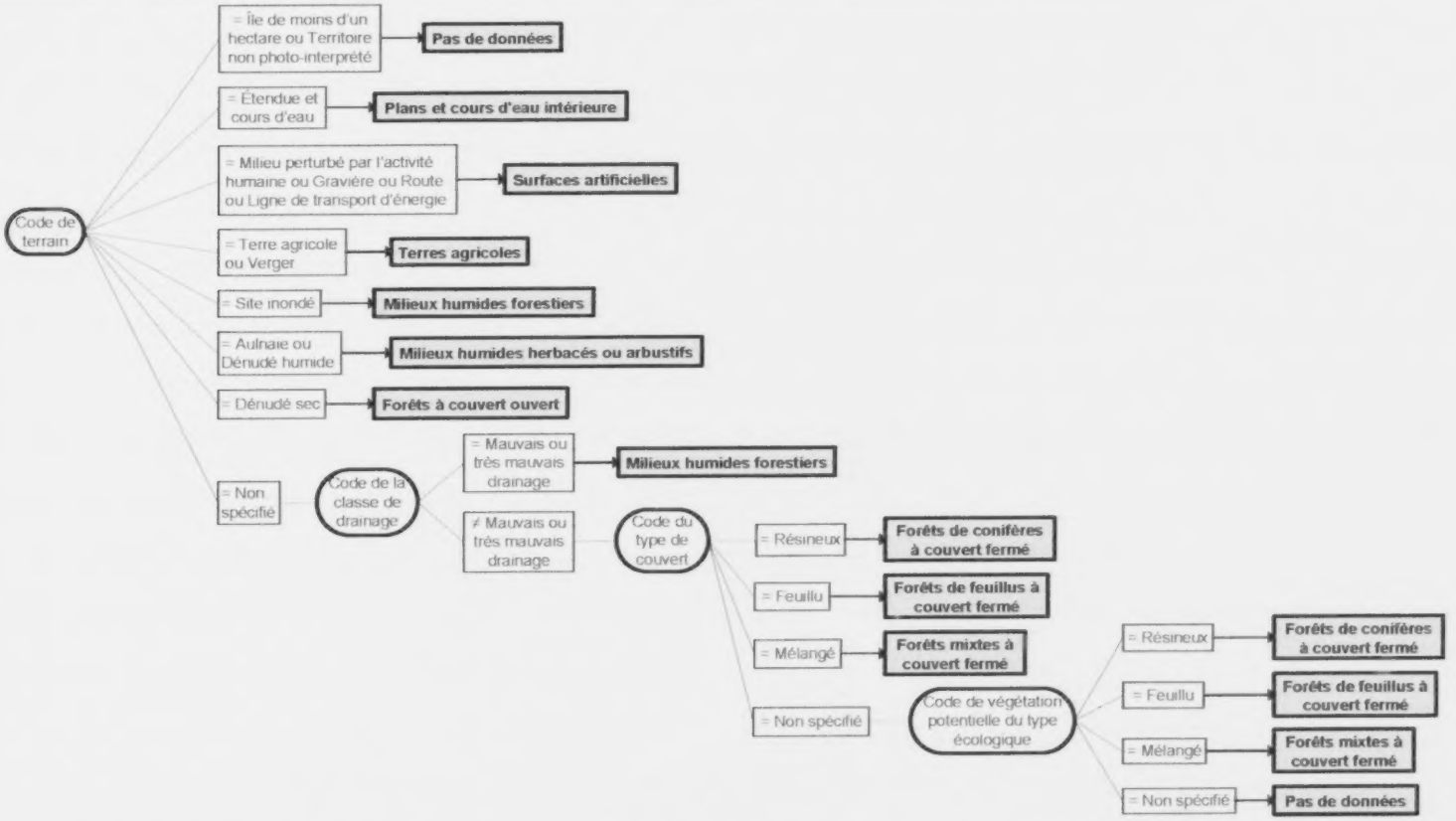
2.5 MODÈLE DÉCISIONNEL POUR LA CLASSIFICATION DES DONNÉES ÉCOFORESTIÈRES ET REMARQUES À PROPOS DE LA CLASSIFICATION

Le modèle décisionnel établit la façon dont les données du 3e et du 4e inventaire écoforestier sont classifiées pour obtenir deux cartes de couverture terrestre. Il présente les règles qui servent à attribuer un code de classe de couverture terrestre à chacun des terrains des cartes écoforestières (figure 2.5.1). Ces règles utilisent les catégories des attributs « Code de terrain », « Code de la classe de drainage », « Code du type de couvert », « Code du type écologique » et « Numéro du programme d'inventaire ». Le modèle décisionnel représente à notre connaissance la meilleure méthode pour classifier les données écoforestières selon la couverture terrestre. Autrement dit, il optimise la fiabilité et la cohérence des cartes de couverture terrestre créées à partir des cartes écoforestières.

Cependant, la classification des données selon le modèle décisionnel donne lieu à quelques écarts par rapport aux définitions des classes de couverture terrestre du Québec présentées au tableau AII.1 (p. 154). Ces écarts découlent principalement de la classification dans sa version simplifiée (tableau 2.4.1, ci-dessus), de l'imprécision de certaines catégories de terrain quant à la nature de la couverture terrestre, et de la concordance imparfaite entre les définitions de l'inventaire écoforestier et celles des classes de couverture adaptées à partir du SCEE. Premièrement, étant donné que les attributs du 3e inventaire ne permettent pas d'identifier les prairies, les étendues d'arbustes, les étendues de bryophytes et de lichens et les terrains découverts, ces étendues se retrouvent dans d'autres classes. Par exemple, des étendues d'arbustes peuvent se retrouver dans la classe des milieux humides herbacés ou arbustifs.

Deuxièmement, les catégories de terrain « Milieu faiblement perturbé par l'activité humaine » et « Ligne de transport d'énergie » et, plus rarement, « Forêt ou arbustaie improductive » et « Inclusion non exploitable à l'intérieur d'un traitement sylvicole » sont imprécises quant à la couverture terrestre du terrain. Ainsi, les classes de couverture auxquelles ces terrains sont attribués – par exemple les surfaces artificielles – peuvent inclure des étendues qui devraient appartenir à d'autres classes. Notamment, les surfaces artificielles peuvent inclure des étendues de couverture naturelle variée. Troisièmement, la définition des catégories de terrain « Terre agricole », « Aulnaie », « Dénudé et semi-dénudé humide » ainsi que « Dénudé et semi-dénudé sec » ne correspond pas exactement à celle des classes de couverture qui leur sont attribuées. Par exemple, les terres agricoles pourraient inclure des étendues colonisées par des petits feuillus dont le couvert dépasserait 10 %. Le tableau 2.5.1 (p. 42) présente les remarques relatives à chacune des classes de couverture comportant de telles imprécisions.

Figure 2.5.1
Modèle décisionnel pour la classification des données écoforestières



Note : Les boîtes arrondies représentent les attributs de la carte écoforestière, alors que les boîtes rectangulaires renvoient aux catégories d'un attribut. Les boîtes rectangulaires grises font référence aux classes de couverture terrestre.

© Gouvernement du Québec, Institut de la statistique du Québec.

Tableau 2.5.1
Écarts entre les classes de couverture terrestre définies en pratique et les classes de la couverture terrestre du Québec

Classe de couverture	Code	Écarts par rapport à la définition de la classe
Surfaces artificielles	01	Peuvent inclure des étendues de couverture variée, plus ou moins naturelle et boisée, là où le code de terrain indique un « milieu faiblement perturbé par l'activité humaine » ou une « ligne de transport d'énergie », notamment des milieux humides, là où le code de la classe de drainage indique un mauvais ou un très mauvais drainage.
Terres agricoles	02	Incluent les pâturages (prairies). Peuvent inclure de façon erronée des étendues colonisées par des aulnes ou des petits feuillus, mais dont le couvert est inférieur à 25 %[1]. Peuvent inclure des milieux humides, là où le code de terrain indique un « terrain agricole localisé dans les secteurs à vocation forestière » et le code de la classe de drainage, un mauvais ou un très mauvais drainage.
Milieux humides herbacés ou arbustifs	07	Puisqu'ils correspondent à des terrains forestiers improductifs, peuvent inclure de façon erronée des superficies où la densité du couvert forestier est égale ou supérieure à 10 %[2]. Incluent des étendues d'arbustes, là où le code de terrain indique une aulnaie et le code de la classe de drainage, un drainage allant d'excessif à imparfait (ou complexe). Peuvent inclure des prairies, des étendues d'arbustes, des étendues de bryophytes et de lichens ou des terrains découverts là où le code du type écologique indique une lande. Incluent les « forêts ou arbustaies improductives »[3] et les « inclusions non exploitables à l'intérieur d'un traitement sylvicole » dont le code de la classe de drainage indique un mauvais ou un très mauvais drainage.
Plans et cours d'eau intérieure	10	Incluent de façon erronée les battures[4].
Forêts à couvert ouvert	1102	Puisqu'ils correspondent à des terrains forestiers improductifs, peuvent inclure de façon erronée des superficies où la densité du couvert forestier est égale ou supérieure à 10 %. Peuvent inclure des prairies, des étendues d'arbustes, des étendues de bryophytes et de lichens ou des terrains découverts là où le code du type écologique indique une lande. Incluent les « forêts ou arbustaies improductives » et les « inclusions non exploitables à l'intérieur d'un traitement sylvicole » dont le code de la classe de drainage indique un drainage allant d'excessif à imparfait (ou complexe).
Forêts à couvert fermé	1101	Incluent de façon erronée des étendues d'arbustes là où le code de la perturbation ou de l'intervention d'origine indique une friche. À noter que les friches ne sont pas nécessairement arbustives. Si elles sont constituées de jeunes arbres, elles doivent être considérées comme des forêts.

1. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, communication personnelle.
2. Généralement, la désignation de « terrain forestier improductif » signifie que la densité du couvert forestier est inférieure à 25 % (« terrains incapables de produire au moins 30 m^3 ou plus de matière ligneuse à l'hectare en moins de 120 ans », Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015, 38). De surcroît, dans le cas de la version initiale du 4e inventaire écoforestier (jusqu'en 2009), la désignation de « terrain improductif » et la spécification d'un type écologique indiquant un « milieu *non forestier* » signifient que la densité du couvert forestier est inférieure à 25 %; cependant, la désignation de « terrain improductif » et la spécification d'un type écologique indiquant un « milieu *forestier* » signifient que la densité du couvert forestier est plus grande ou égale à 25 %. Dans le cas de « l'approche d'inventaire par peuplement forestier » (AIPF, à partir de 2009), la désignation de « terrain improductif » et la spécification d'un type écologique indiquant un « milieu *non forestier* » signifient que la densité du couvert forestier est inférieure à 10 % (*Ibid.*, p. 98); la désignation de « terrain improductif » et la spécification d'un type écologique indiquant un « milieu *forestier* » signifient que la densité du couvert forestier est plus grande ou égale à 10 % et inférieure à 25 % (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, communication personnelle). Par ailleurs, la densité du couvert forestier des « terrains à vocation non forestière » est inférieure à 25 %.
3. Selon les données écoforestières, les forêts ou arbustaies improductives incluent essentiellement des étendues où les arbres n'atteignent pas 7 m de hauteur, bien que la densité du couvert soit souvent plus grande ou égale à 40 %. Le code de terrain correspondant (CO_TER=IMP) n'est utilisé que sur le territoire des Îles-de-la-Madeleine.
4. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2015), tableau 9, p. 36. Dans la carte du 4e inventaire écoforestier, le contour de la terre ferme correspond à la limite des hautes eaux ou à un niveau d'élévation plus haut (MFFP, communication personnelle). Les battures, comprises entre les hautes eaux et les basses eaux, sont incluses dans la catégorie de l'eau.

2.6 APPROCHE VISANT À RÉDUIRE LES ERREURS ATTRIBUABLES AU DÉFAUT DE COMPARABILITÉ ENTRE LES CARTES DU 3e ET DU 4e INVENTAIRE ÉCOFORESTIER

La solution apportée au problème de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier consiste à valider certaines des différences entre les deux cartes – différences qui se traduisent en changements de couverture terrestre. Les procédés de validation visent les différences de définition, de méthodologie et d'interprétation, ainsi que les erreurs de saisie ou d'interprétation, qui sont décrites à la section 2.1[13]. Ces différences de cartographie expliquent une part importante de l'erreur contenue dans les résultats (préliminaires) du projet pilote de comptes des terres pour la région de Chaudière-Appalaches[14]. La méthodologie révisée des comptes des terres du Québec méridional est axée sur cette approche, qui permet d'améliorer la fiabilité des estimations de changement de couverture terrestre.

L'approche mise de l'avant vise à corriger la couche des changements de couverture terrestre créée par l'intersection des deux couches de couverture terrestre qui proviennent des cartes du 3e et du 4e inventaire. Les polygones qui constituent la couche des changements correspondent à des différences de géométrie entre les cartes des deux inventaires. Parmi ces polygones, certains représentent de réels changements de couverture terrestre survenus au cours de la période qui s'est écoulée entre les deux inventaires. Les autres correspondent à des différences de cartographie qui n'ont pas de pendant dans la réalité. Ces polygones de « faux changement » découlent de l'évolution des définitions et des méthodes entre les deux inventaires ou du simple fait que les cartes des deux inventaires résultent d'exercices de photo-interprétation distincts (bien que liés). L'approche adoptée pour réduire les erreurs attribuables au manque de comparabilité entre les cartes des deux inventaires consiste en l'application d'une série de méthodes qui permettent de valider si les polygones de la couche des changements représentent un changement réel de couverture terrestre.

Cette approche repose sur une première hypothèse de travail selon laquelle l'information relative à la couverture terrestre de la carte du 4e inventaire écoforestier est généralement fiable. Ainsi, c'est surtout la couche de couverture terrestre à *t0*, issue du 3e inventaire, qui est ajustée ou « mise à jour » en substituant à son contenu, à l'intérieur des zones de changement invalide, l'information de couverture terrestre qui provient de la carte du 4e inventaire. Cette façon de faire revient à poser une deuxième hypothèse selon laquelle aucun changement ne serait survenu à l'intérieur des polygones de changement invalides au cours de la période qui s'est écoulée entre les deux inventaires[15]. La couche de couverture terrestre à *t1*, issue de la carte du 4e inventaire, est aussi ajustée par endroits à partir d'un sous-ensemble des polygones de changement invalides. L'encadré 2.6.1 modélise l'approche élaborée pour améliorer la comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire.

13. Voir la section A1.6 à l'annexe 1 pour une présentation détaillée de cette étape méthodologique.

14. Voir UHDE et LEBLANC (2014), en particulier la section 6.1.1 et la figure 10, p. 70.

15. L'hypothèse selon laquelle aucun changement ne serait survenu à l'intérieur des polygones de changement invalides cause une surestimation de l'absence de changements.

Encadré 2.6.1

Modélisation de l'approche visant à réduire les erreurs attribuables au défaut de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier

Les équations suivantes résument l'approche qui sert à améliorer la comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier. Les équations n'illustrent pas la mise à jour de la couche de couverture terrestre à *t1*, issue du 4e inventaire.

Couche de couverture terrestre à t0 ∩ *Couche de couverture terrestre à* t1 = ***Couche des changements de couverture terrestre***

Couche des changements de couverture terrestre – *Couche des changements* valides = ***Couche des changements* invalides**

Couche de couverture terrestre à t0 – *Couche des changements* invalides + (*Couche des changements* invalides ∩ *Couche de couverture terrestre à* t1) = ***Couche de couverture terrestre à* t0 mise à jour**[1]

∩ : intersection spatiale

– : soustraction de contenu géographique

+ : addition de contenu géographique

1. Dans le logiciel ArcGIS, ces opérations peuvent être effectuées à l'aide d'un seul outil, celui de « Mise à jour ».

Une première série de procédés se base sur des données auxiliaires et sur des attributs des données écoforestières pour valider les polygones selon le type de changement qu'ils représentent (par exemple, le changement d'une terre agricole en surface artificielle) (annexe I, section AI.6.1). Les données auxiliaires utilisées sont les cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) pour 1990 et 2010, ainsi que les images des satellites Landsat 4-5 TM ou Landsat 8 OLI, téléchargées à partir du site de l'*United States Geological Survey* (USGS) (encadré 2.6.2). Ces données ont été choisies en fonction de leur exactitude et de leur compatibilité temporelle avec les données écoforestières. Elles permettent de confirmer ou d'infirmer la variation du couvert végétal au cours de la période de référence et ainsi de valider ou d'invalider les polygones de changement. Par ailleurs, les attributs des données écoforestières utilisées sont les codes de la classe d'âge, de perturbation d'origine et de perturbation moyenne, du dépôt de surface, du type écologique et de la classe de drainage. Des règles sont appliquées de façon à invalider les polygones de changement dont les valeurs d'attributs sont incohérentes entre le 3e et le 4e inventaire.

Encadré 2.6.2

Description sommaire des données auxiliaires utilisées pour la validation des polygones de changement

La validation des polygones de changement est basée sur les cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) pour 1990 et 2010, ainsi que sur les images des satellites Landsat 4 et 5, recueillies par les capteurs *Thematic Mapper* (TM), ou sur celles du satellite Landsat 8, recueillies par le capteur *Operational Land Imager* (OLI), de l'*United States Geological Survey* (USGS).

Les cartes d'utilisation des terres d'AAC pour 1990 et 2010 (qui font partie d'une série temporelle de trois années – 1990, 2000 et 2010) décrivent tout le territoire canadien au sud du 60e parallèle. Elles présentent six classes générales conformes aux normes du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : forêts, eaux, terres cultivées, prairies, lieux habités et autres terres. Les cartes d'utilisation des terres ont été élaborées à partir de plusieurs autres produits issus pour la plupart d'images satellites. Elles ont une résolution de 30 m[1] (section AI.5.1).

Les autres données utilisées pour la validation des polygones de changement sont les images provenant des satellites Landsat 4-5 TM ou Landsat 8 OLI, téléchargées à partir du site de l'USGS par l'entremise du portail GloVis Next[2]. Les satellites Landsat 4 et 5 ont été actifs entre juillet 1982 et janvier 2013 ; le satellite Landsat 8 est en fonction depuis février 2013. Les images sélectionnées ont été captées de juin à septembre, entre 1984 et 2016. Elles ont une résolution de 30 m. Ces images se composent de plusieurs bandes spectrales, parmi lesquelles le rouge (visible) et le proche infrarouge sont utilisés dans le cadre du présent projet pour le calcul de l'indice de végétation NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (section AI.5.2). L'USGS a corrigé ces images selon la réflectance au sommet de l'atmosphère[3], afin d'assurer leur précision radiométrique, et les a traitées pour assurer leur exactitude géométrique[4].

1. Pour plus d'information, voir AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA. *Utilisation des terres en 1990, 2000, 2010 – Spécifications de contenu informationnel produites conformément à la norme ISO 19131*, Révision : A, 13 p., [En ligne]. [www.agr.gc.ca/atlas/supportdocument_documentdesupport/aatcLand_Use/fr/Utilisation_des_terres_en_1990_%202000_%202010_ISO19131.pdf] (Consulté le 24 novembre 2016).
2. GloVis Next est un portail de l'USGS qui permet de consulter et de télécharger gratuitement des images captées par satellite (glovis.usgs.gov/next/).
3. « *Top of atmosphere* » (TOA).
4. UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Landsat Surface Reflectance Higher-Level Data Products*, [En ligne]. [landsat.usgs.gov/landsat-surface-reflectance-high-level-data-products] (Consulté le 24 août 2017).

Une deuxième méthode pour valider les polygones de changement se fonde sur des critères de géométrie. La prémisse est que les polygones de changement de petite superficie, étroits et filiformes ou de forme improbable (p. ex., en forme de spaghetti) correspondent à des différences de géométrie mineures ou découlent de la taille variable des aires minimales d'interprétation entre les deux inventaires et ne représentent pas des changements réels de couverture terrestre. Le critère géométrique prépondérant se rapporte à la superficie des polygones de changement. Pour la plupart des polygones de changement, le seuil de superficie est de 2 ha. Il est de 8 ha pour les polygones qui représentent une transition d'un milieu humide forestier à une forêt à couvert fermé (et vice versa) ou d'une sous-classe de forêt à couvert fermé à une autre. Les polygones de changement dont la superficie est inférieure au seuil sont invalides. Deux autres critères concernent la largeur des polygones de changement et leur forme (ratio de la superficie sur le périmètre) (section AI.6.2).

L'approche pour réduire les erreurs attribuables au défaut de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire a été élaborée avec l'aide du Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional. Les méthodes de validation comportent un biais en faveur de l'intégrité des données écoforestières, de façon à ne pas trop les altérer. Malgré l'étape de validation, il faut reconnaître que les données écoforestières ne sont pas propices à la mesure de tous les types de transition. Notamment, elles ne permettent pas de produire une estimation fiable de la perte de superficie productive en forêt ni des transitions qui touchent les sites inondés (classifiés comme des milieux humides forestiers). L'intersection spatiale des couches mises à jour de couverture terrestre à *t0* et à *t1* avec la grille permet de produire les résultats des comptes des terres (figure 2.1, p. 31).

2.7 GRILLES

Un système de grilles forme la structure géographique et statistique des comptes des terres du Québec méridional. Il comprend deux grilles, chacune étant composée de carrés à la superficie équivalente : une grille formée de cellules de 1 km² (ou 1 000 m de côté), et une autre de cellules de 2 500 m² (ou 50 m de côté), qui s'emboîtent parfaitement les unes dans les autres. La grille aux 1 000 m couvre tout le Québec et est l'assise spatiale des comptes des terres à l'échelle du Québec. La grille aux 50 m est morcelée par MRC ou par partie de MRC. Les cellules de 2 500 m² représentent les unités spatiales élémentaires des comptes des terres, leur dimension équivalant au quart d'un hectare. L'hectare est du point de vue des comptes des terres l'aire minimale d'interprétation la plus significative pour le 4e inventaire écoforestier[16]. Les codes de la municipalité régionale de comté (MRC) et de la municipalité du SDA ainsi que le code de la région naturelle du CERQ sont attribués à chaque cellule de la grille (annexe I, section AI.1).

Le système de grilles est conçu selon un plan cartésien (figure 2.7.1). Les prolongements de l'extrême limite ouest et sud de la province se joignent au point d'origine *(0,0)* de la grille aux 1 000 m (figure AI.1.1, p. 106). Un code est attribué aux cellules de la grille selon une progression le long de l'axe des *x* (de l'ouest vers l'est) et le long de l'axe des *y* (du sud vers le nord). La codification des cellules utilise une graduation élémentaire de 5 m le long des axes pour permettre l'éventuelle insertion d'information spatiale plus détaillée. Ainsi, la première cellule de 2 500 m², à gauche et en bas du plan cartésien, est codée « m50E0N0 », celle juste à sa droite, « m50E10N0 » ; celle juste en haut, « m50E0N10 » ; et ainsi de suite (le saut de « 10 » vient de ce qu'il y a 10 graduations de 5 m le long d'une cellule de 50 m de côté). La première cellule de 1 km² à gauche et en bas du plan est codée « m1000E0N0 » et celle à sa droite, « m1000E200N0 », selon la graduation à 5 m. Cette codification permet de positionner les unités spatiales à l'intérieur du système de grilles.

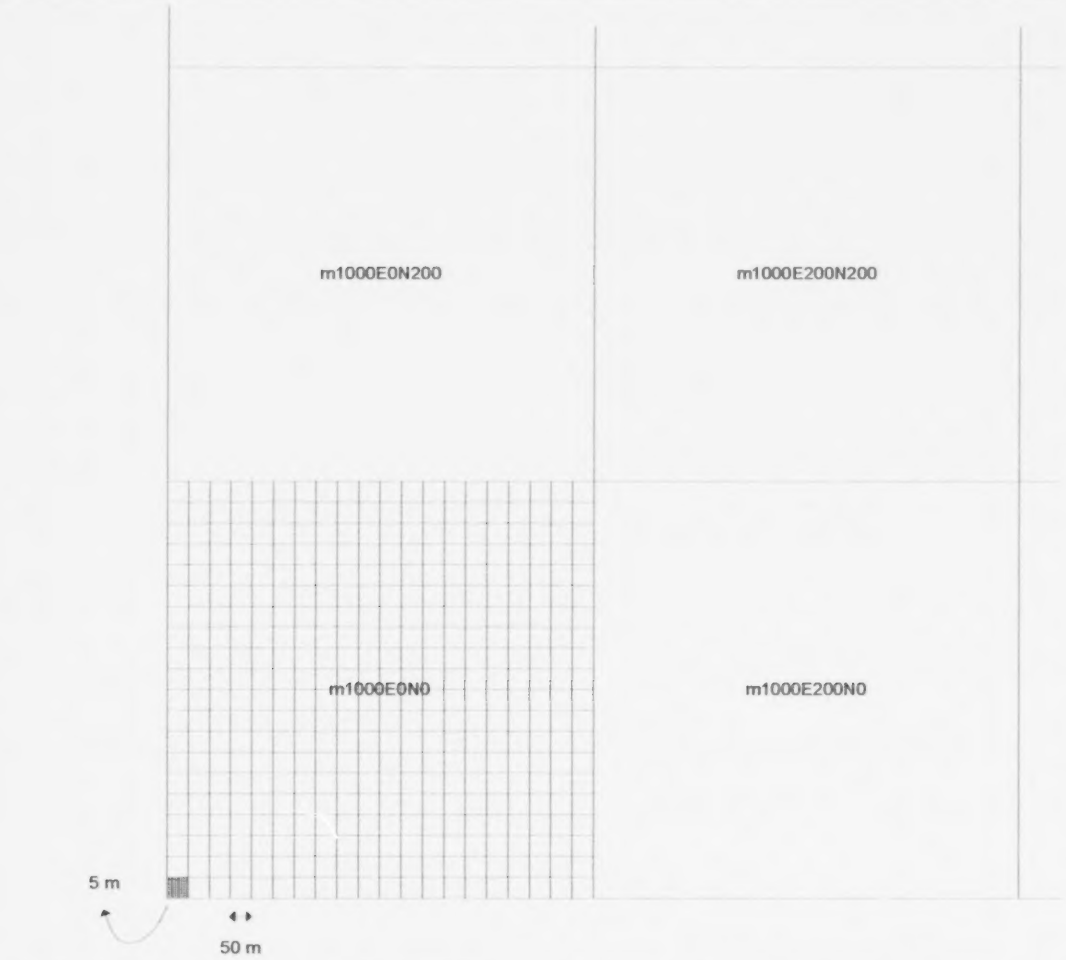
L'information sous-jacente des couches de couverture terrestre est attribuée à chaque unité de la grille selon un algorithme qui établit la couverture dominante (section AI.9). Les superficies de couverture terrestre présentées dans les tableaux de résultats (section 3) sont calculées à partir des données de couverture dominante par unité de grille. Une analyse menée dans le cadre du projet pilote a montré que les estimations de superficie obtenues à l'aide d'une grille pouvaient différer de celles obtenues directement à partir des polygones des couches de couverture terrestre, et que cet écart d'estimation pouvait varier selon le type de couverture terrestre[17]. La méthode basée sur une grille tend à sous-estimer la superficie des surfaces filiformes, comme les routes.

Dans la version révisée de la méthodologie des comptes des terres, l'application des critères de superficie et de largeur pour valider les polygones de changement (section 2.6) tend à réduire l'effet de la grille, car les polygones de changement de petite superficie, étroits et filiformes sont rejetés. Par ailleurs, le système de grilles présente plusieurs avantages : ses références géographiques fixes facilitent le suivi des changements sur plus d'une période ; le classement des cellules de la grille selon différents découpages du territoire permet de combiner facilement les données des comptes des terres pour générer des résultats selon différentes aires de comptabilité ; enfin, le contenu du système de grilles peut être enrichi par des données relatives aux populations humaines ou aux caractéristiques des terrains.

16. Dans le 4e inventaire écoforestier, un hectare correspond à l'aire minimale d'interprétation d'un « terrain à vocation non forestière entouré de terrains forestiers productifs et inversement. » (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015 : 30).

17. UHDE et LEBLANC (2014), section 6.2.

Figure 2.7.1
Illustration du système de grilles des comptes des terres du Québec méridional



Note : Ce système de grilles est une adaptation de celui des comptes des terres pour l'Europe de l'Agence européenne pour l'environnement (European Environment Agency, 2006 : 66-68) réalisée par l'Institut de la statistique du Québec.

2.8 QUALITÉ DE LA STATISTIQUE

La qualité de la statistique contenue dans les comptes des terres doit être considérée sous différents aspects. Les dimensions de la qualité statistique sont la pertinence, la fiabilité et l'objectivité, la comparabilité, l'actualité, l'intelligibilité et l'accessibilité (Institut de la statistique du Québec, 2006). La méthodologie des comptes des terres a été élaborée pour obtenir la statistique la plus fiable et la plus précise possible sur les tendances relatives à la couverture des terres dans le sud du Québec par l'intégration de données spatiales existantes, dont les données écoforestières (section 2.1). Ces données administratives, de par leur nature, limitent la portée et affectent la fiabilité de la statistique des comptes des terres. D'un autre côté, et vu l'importance du suivi de la couverture terrestre dans le Québec méridional, l'organisation des données selon le cadre statistique du SCEE permet de produire de la statistique pertinente, cohérente et intelligible[18].

18. Ces idées s'inspirent d'une remarque analogue formulée à propos des comptes des écosystèmes dans la deuxième partie du SCEE (United Nations et autres, 2014 : 37).

Chapitre 3

RÉSULTATS

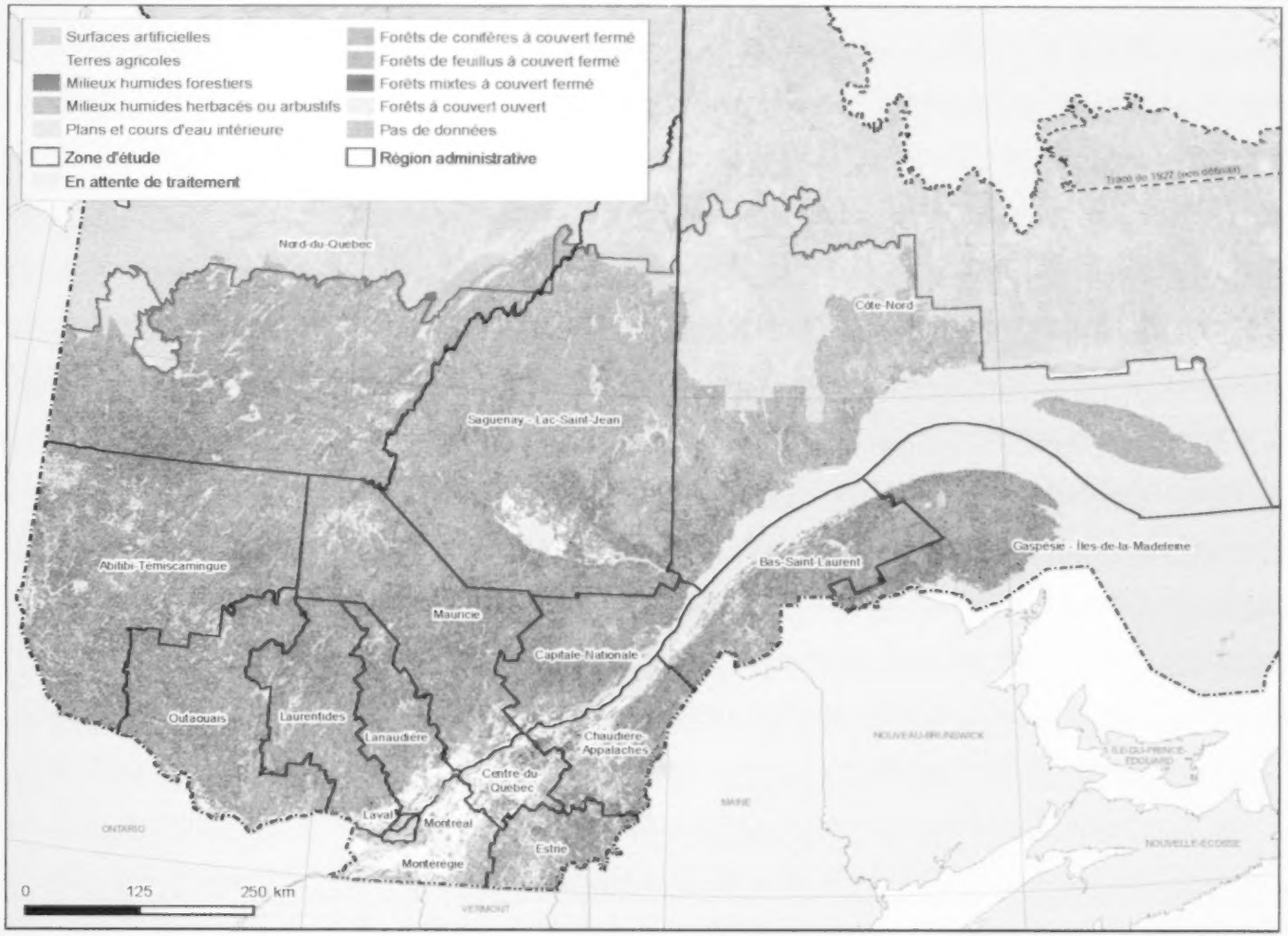
Les données des comptes des terres permettent de produire des cartes et des tableaux de données agrégées. Des cartes de la couverture terrestre et des cartes des changements de couverture terrestre peuvent être générées pour différents territoires (section 3.1). Les données des comptes des terres peuvent aussi être agrégées pour estimer l'augmentation et la diminution de superficie pour chaque classe de couverture terrestre selon différents découpages du territoire. Ces estimations sont regroupées à l'intérieur de deux comptes (section 3.2). Le compte physique de couverture terrestre compile le stock en terres au début et à la fin de la période de référence, en km^2, ainsi que l'augmentation, la diminution et le changement net du stock au cours de la période, par classe de couverture. La matrice des changements de couverture terrestre présente le changement net d'une classe de couverture terrestre par rapport à chacune des autres classes au cours de la période. Ces deux comptes sont présentés pour tout le Québec méridional et par région administrative (les comptes par province naturelle sont présentés à l'annexe III).

3.1 CARTES

Des cartes de la couverture terrestre peuvent être générées pour différents territoires et pour le début ou la fin de la période de référence. La carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m^2 de l'ensemble du Québec méridional pour la décennie des années 2000 (2002-2013), selon la classification simplifiée de la couverture terrestre du Québec (tableau 2.4.1, p. 39), est reproduite à la figure 3.1.1. Les figures 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4 et 3.1.5 présentent respectivement la carte de la couverture terrestre de la région administrative de la Capitale-Nationale et celle de la MRC de Québec pour 2002 ainsi que celle de la région de la Montérégie et de la MRC de Longueuil pour 2009 (la carte de la couverture terrestre du Québec méridional, en combinaison avec les limites des provinces naturelles, ainsi que les cartes de la province naturelle des basses-terres du Saint-Laurent et de la région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent pour 2007 sont présentées aux figures AIII.1, AIII.2 et AIII.3 de l'annexe III). De plus, l'orientation des changements de couverture terrestre peut être représentée à l'aide d'une carte des changements de couverture terrestre par unité de grille de 2 500 m^2. Les figures 3.1.6 et 3.1.7 reproduisent cette carte pour deux secteurs de la MRC de Québec, le secteur de l'Aéroport international Jean-Lesage et celui de Lac-Saint-Charles, pour la période allant de 1990 à 2002. Ces cartes présentent les augmentations et les diminutions de superficie de chaque classe de couverture par rapport aux autres classes.

Figure 3.1.1

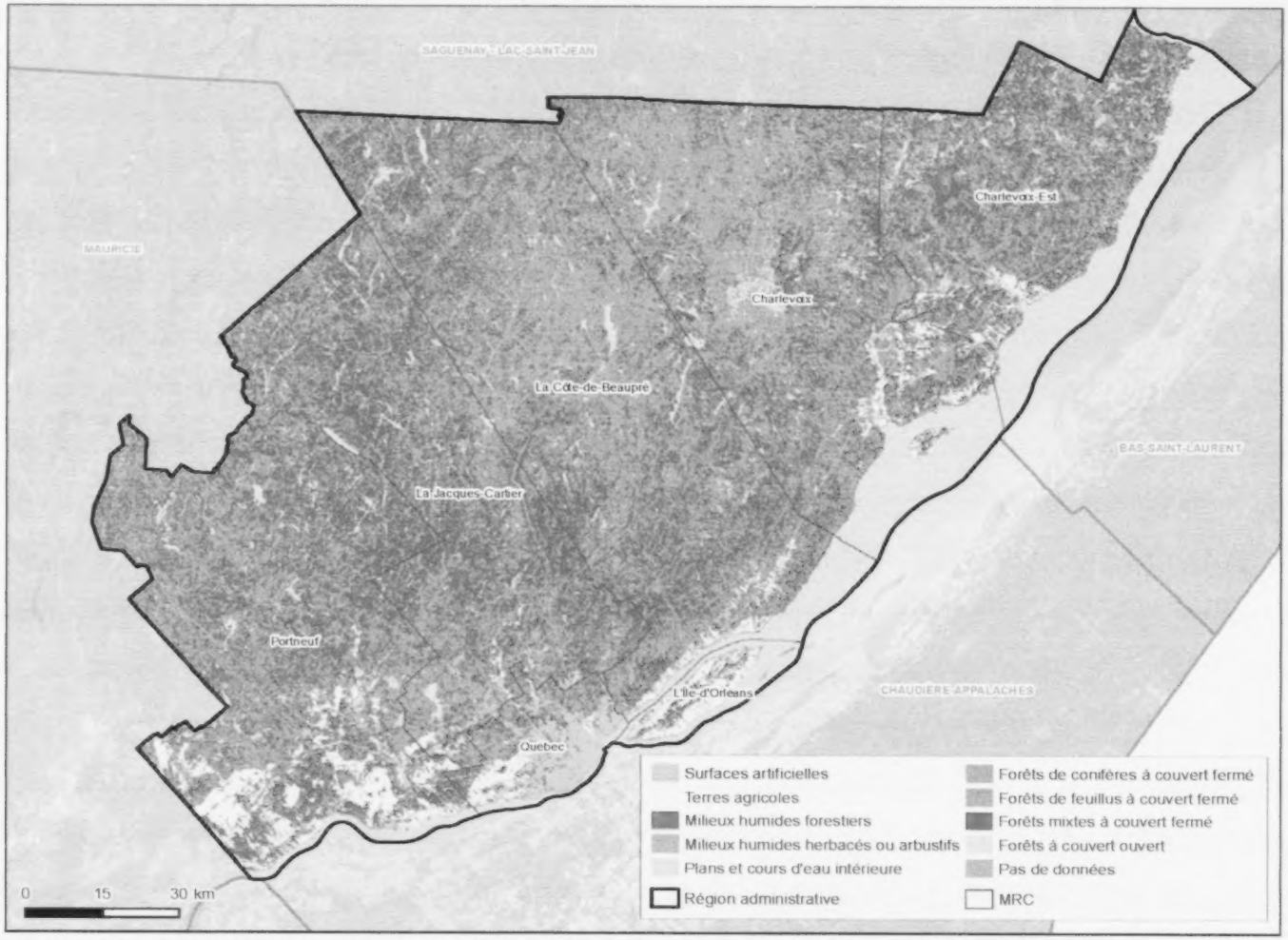
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², Québec méridional (2002-2013), et limites des régions administratives



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Figure 3.1.2

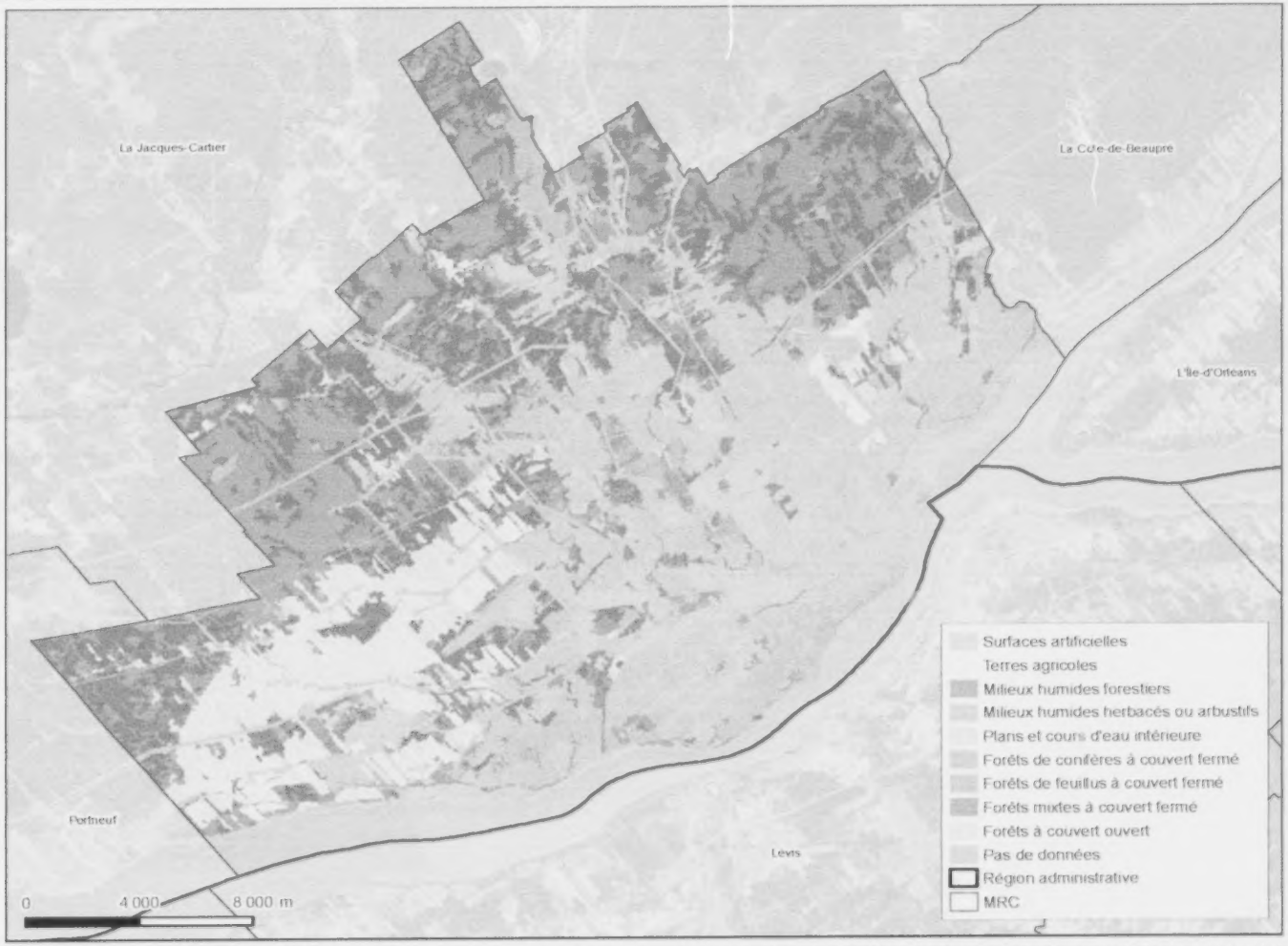
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², région administrative de la Capitale-Nationale (2002)



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

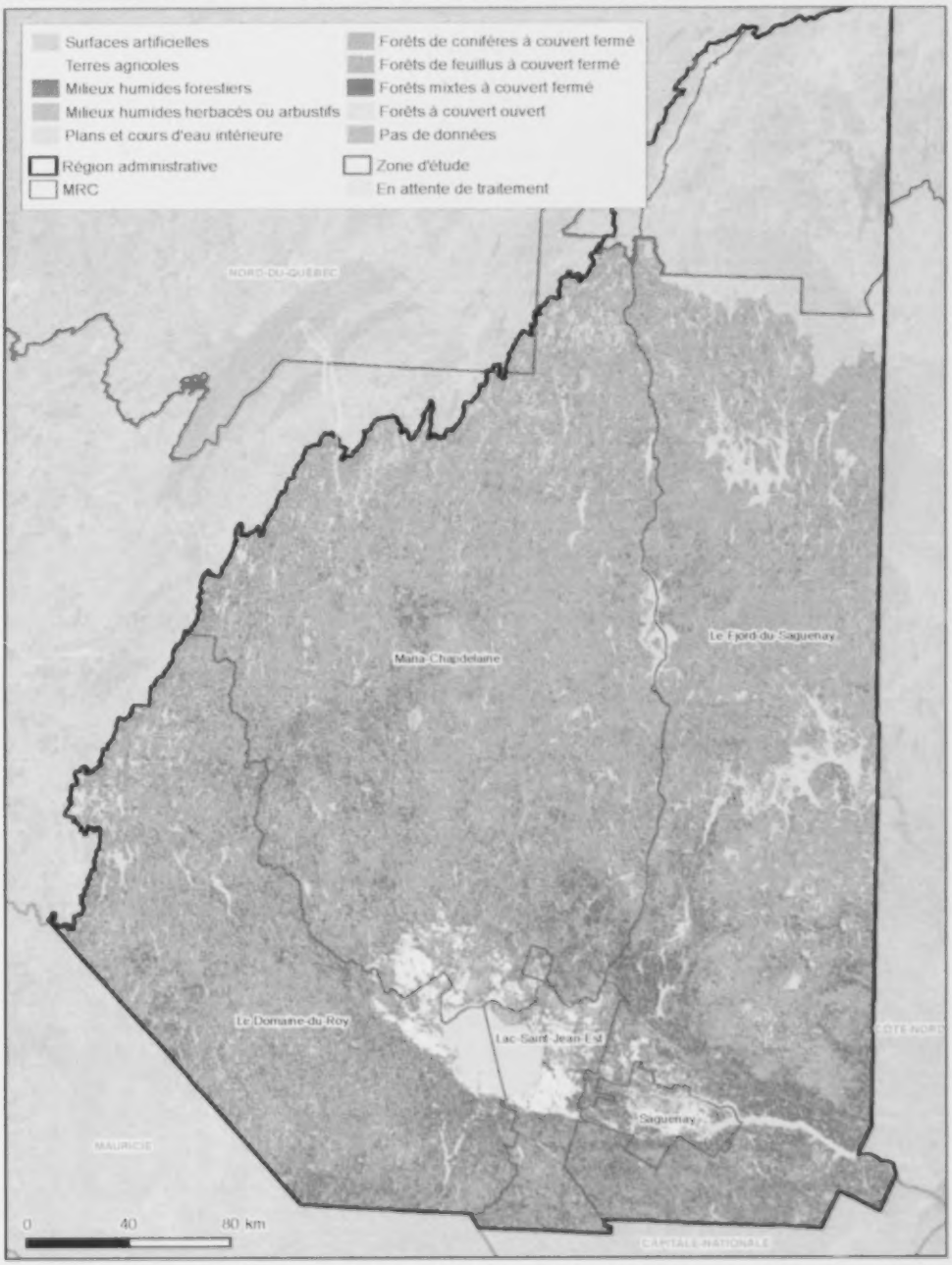
Figure 3.1.3

Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², MRC de Québec (2002)



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

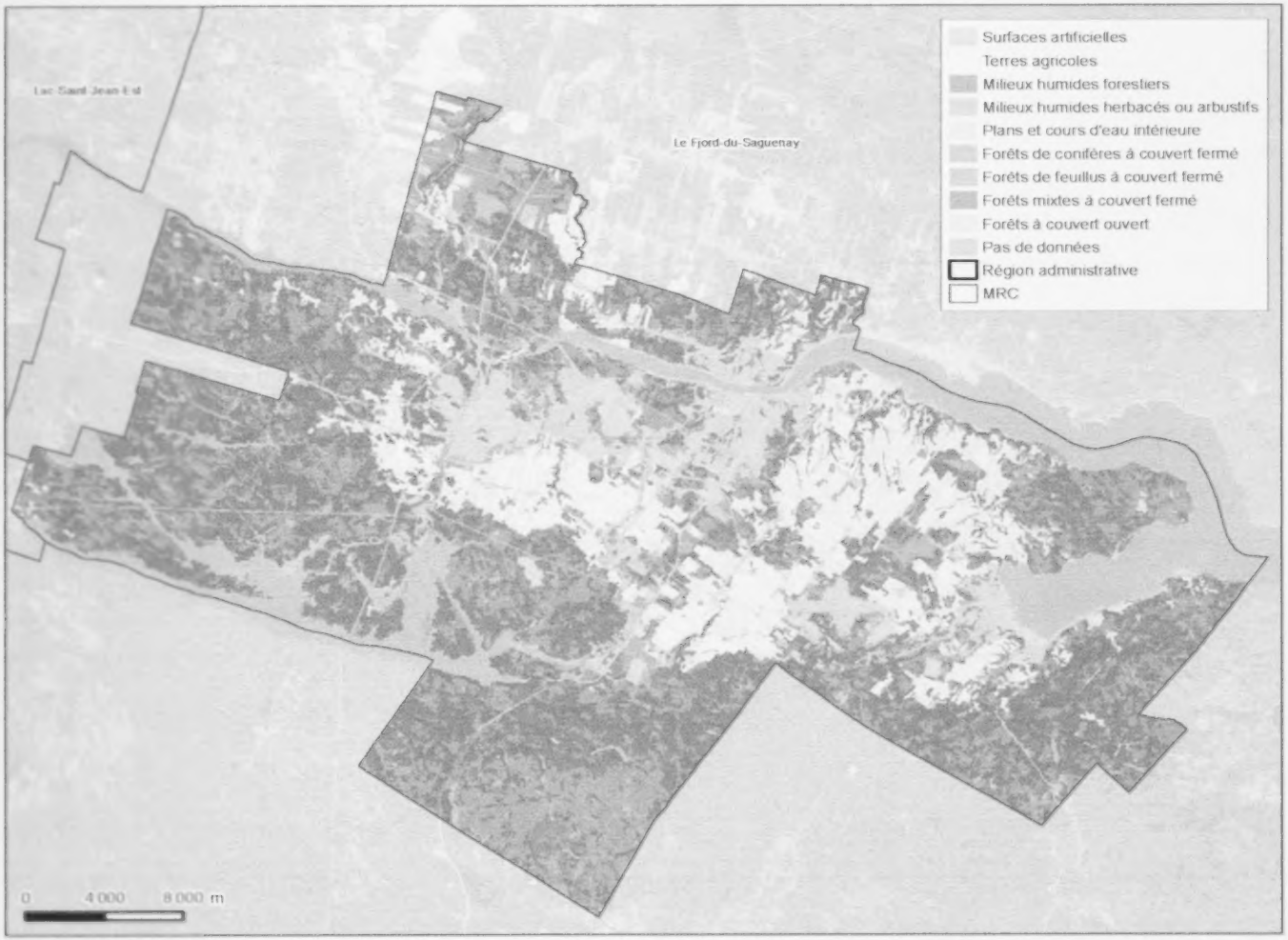
Figure 3.1.4
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², région administrative du Saguenay–Lac-Saint-Jean (2008)



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Figure 3.1.5

Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², MRC du Saguenay (2008)



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Figure 3.1.6

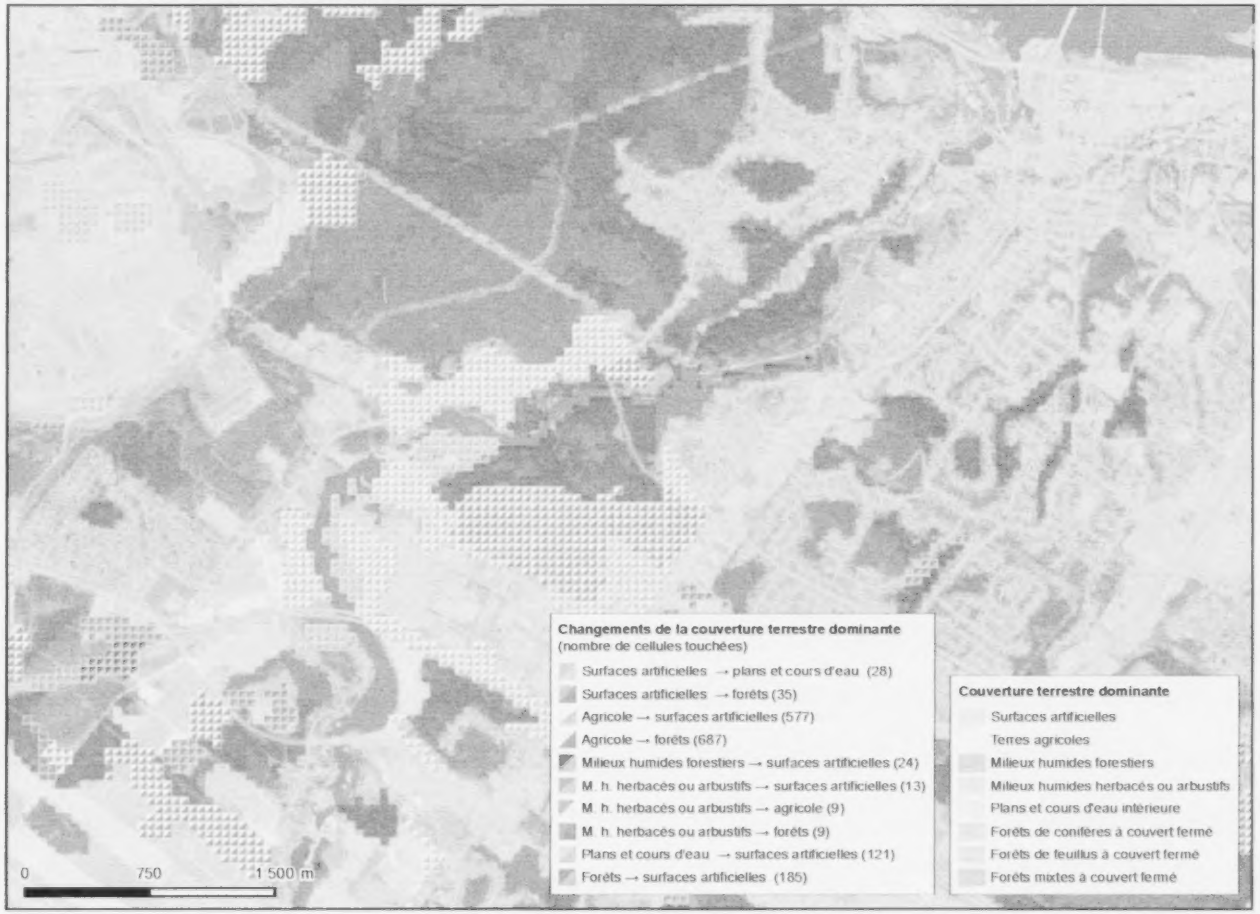
Carte des changements de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², secteur de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec, MRC de Québec (1990-2002)

Note : Les cellules bicolores représentent un changement de couverture : à l'intérieur de celles-ci, le triangle du haut représente la couverture terrestre dominante à *t0*; celui du bas, la couverture dominante à *t1*. Les aplats de couleur en transparence représentent la couverture terrestre dominante là où il n'y pas de changements.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Figure 3.1.7

Carte des changements de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², secteur de la rivière Chicoutimi, MRC du Saguenay (1995-2008)



Note: Les cellules bicolores représentent un changement de couverture: à l'intérieur de celles-ci, le triangle du haut représente la couverture terrestre dominante à *t0*; celui du bas, la couverture dominante à *t1*. Les aplats de couleur en transparence représentent la couverture terrestre dominante là où il n'y pas de changements.

Sources: Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

3.2 COMPTES

Le compte physique de couverture terrestre et la matrice des changements de couverture terrestre compilent les estimations de superficie et de changement de superficie calculées selon différents découpages du territoire. L'augmentation et la diminution de superficie d'une classe de couverture terrestre correspondent, respectivement, au gain et à la perte de km² de cette classe de couverture dans un territoire donné au cours de la période de référence. Le gain ou la perte de superficie d'une couverture terrestre peuvent se produire simultanément à différents endroits d'un territoire au cours d'une même période. Le changement net équivaut à la différence entre l'augmentation et la diminution ; il correspond à la variation nette de la superficie qui appartient à une classe donnée de couverture terrestre entre la fin et le début de la période dans l'ensemble d'un territoire donné.

Les stocks d'ouverture et de fermeture, ainsi que l'augmentation, la diminution et le changement net, exprimés en km² et en pourcentage du stock d'ouverture, sont présentés dans le compte physique de couverture terrestre. Le changement net pour une classe de couverture est positif lorsque sa superficie a augmenté à l'intérieur d'un territoire donné ; il est négatif lorsque sa superficie a diminué. Toutes classes confondues, le stock total en terres ne change pas au cours de la période, puisque les limites territoriales demeurent les mêmes (section 2.2). L'orientation des changements nets au cours d'une période est représentée dans la matrice des changements de couverture terrestre. Les estimations de changement net de la matrice sont positives ou négatives selon qu'une couverture a gagné en superficie au détriment d'une autre ou qu'elle est disparue au profit d'une autre dans l'ensemble d'un territoire. Pour chaque classe de couverture, le total d'une ligne de la matrice est égal au changement net dans le compte physique de couverture terrestre.

Du fait des choix méthodologiques, les estimations d'augmentation et de diminution de superficie représentent les changements de couverture terrestre qui surviennent sur une superficie de 2 ha ou plus, ou de 8 ha ou plus dans le cas des changements entre milieux humides forestiers et forêts à couvert fermé et entre sous-classes de forêts à couvert fermé (sections 2.6 et AI.6.2). Elles sont basées sur la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², selon la classification simplifiée de la couverture terrestre du Québec (tableau 2.4.1, p. 39). De plus, ces estimations excluent les superficies qui correspondent aux classes « Pas de données » ou « En attente de traitement » au début *ou* à la fin de la période (section 2.2). Le compte physique de couverture terrestre et la matrice des changements de couverture terrestre sont présentés pour l'ensemble du Québec méridional (section 3.2.1) et par région administrative (section 3.2.2). Ces mêmes statistiques sont présentées par province naturelle à l'annexe III.

3.2.1 Ensemble du Québec méridional

Les résultats pour l'ensemble du Québec méridional sont présentés aux tableaux 3.2.1.1, 3.2.1.2, 3.2.1.3 et 3.2.1.4. Le premier tableau (p. 61) présente le compte physique de couverture terrestre du Québec méridional pour la période s'étant écoulée entre la décennie des années 1990 (1990-1999) et celle des années 2000 (2002-2013). Le changement net des surfaces artificielles indique une augmentation d'environ 528 km² au cours de cette période. Cette variation représente une augmentation nette d'à peu près 8 %, ou 0,6 % par année (figure 3.2.1.1, p. 59)[1]. Au cours de la même période, la superficie des terres agricoles a subi une perte nette de 973 km², soit près de 4 % ou 0,3 % par année, tandis que la superficie des milieux humides forestiers a augmenté de 1 350 km² (environ 4 % ou 0,3 % par an). La superficie des milieux humides herbacés ou arbustifs

1. Le changement annuel net de superficie par classe de couverture terrestre pour l'ensemble du Québec méridional est calculé selon une période de référence d'une durée de 13 ans. Cette durée correspond à la durée médiane par région administrative, pondérée en fonction de la superficie de chaque région couverte par le territoire d'étude (voir les tableaux 2.3.1 et 2.2.1).

auraient diminué de 773 km² (2 % ou près de 0,2 % par an), mais cette estimation est jugée peu fiable (voir le tableau 3.2.1.1)[2]. De plus, la superficie des plans et des cours d'eau intérieure a augmenté de 28 km² (estimation jugée peu fiable), ce qui représente une variation à peu près nulle par rapport au stock d'ouverture[3].

Enfin, le compte physique de couverture terrestre montre que les forêts à couvert fermé couvrent plus de la moitié du Québec méridional et que les forêts de conifères prédominent à l'intérieur du paysage forestier au début et à la fin de la période de référence (stock d'ouverture de 172 695 km² et stock de fermeture de 174 109 km²). La superficie des forêts de conifères s'est accrue de 1 415 km² (moins de 1 % par rapport au stock d'ouverture ou moins de 0,1 % par an)[4]. La superficie des forêts mixtes à couvert fermé a aussi augmenté, de 7 462 km² (environ 6 % ou 0,5 % par an), tandis que celle des forêts de feuillus à couvert fermé a perdu 8 169 km² (environ 12 % ou près de 1 % par année). Les forêts à couvert ouvert ont perdu 867 km² (13 % ou 1 % par an) (cette dernière estimation est jugée imprécise ; voir la section 3.2.2).

Pour certaines classes de couverture terrestre, les estimations d'augmentation et de diminution de superficie tendent à se contrebalancer l'une l'autre, ce qui induit un faible changement net (tableau 3.2.1.1), bien que la couverture ait pu évoluer beaucoup à l'intérieur du territoire (à noter que l'estimation du changement net cumule l'erreur des estimations d'augmentation et de diminution et est par définition moins précise). En particulier, la superficie des forêts de conifères à couvert fermé a augmenté de 18 329 km² en même temps qu'elle a diminué de 16 915 km² (ce qui donne un changement net faiblement positif). De même, les forêts mixtes ont augmenté de 33 050 km² et diminué de 25 588 km². Ces variations reflètent principalement des changements du type de couvert des peuplements. Regroupées, les sous-classes de forêts à couvert fermé ont augmenté de 3 115 km² et diminué de 2 407 km².

De plus, les surfaces artificielles ont à la fois gagné 597 km² et perdu 69 km². Bien qu'elle paraisse improbable à première vue, la diminution des surfaces artificielles n'est pas impossible : telles que définies, les surfaces artificielles ne représentent pas un état irréversible. Elles correspondent notamment aux milieux fortement et faiblement perturbés par l'activité humaine de la carte écoforestière et, à ce titre, peuvent inclure, par exemple, des campings, des terrains défrichés, des dépotoirs et des gravières. La matrice des changements de couverture terrestre et les données par région (section 3.2.2) permettent de nuancer ces diverses grandes tendances.

La matrice des changements de couverture terrestre (tableau 3.2.1.2) est obtenue en soustrayant la matrice des diminutions de celle des augmentations (tableaux 3.2.1.3 et 3.2.1.4)[5]. Comme l'indique la première ligne du tableau 3.2.1.2, des 528 km² gagnés de façon nette par les surfaces artificielles, la plus grande partie l'a été au détriment des forêts à couvert fermé et des terres agricoles (voir aussi la figure 3.2.1.1, page suivante). Les surfaces artificielles ont augmenté de 134 km² au détriment des terres agricoles, ce qui correspond à un gain net de 2 % au cours de la période de référence (environ 0,2 % annuellement), et de 69 km², 157 km² et 118 km² au détriment respectivement des forêts de conifères, de feuillus et mixtes à couvert fermé, ce qui correspond à un gain net de 5 % par rapport à l'ensemble des forêts à couvert fermé (0,4 % par année). De plus, les surfaces artificielles ont légèrement crû au détriment des milieux humides forestiers (19 km² ou 0,3 % au total au cours de la période de référence), des milieux humides herbacés ou arbustifs (32 km² ou 0,5 %) et des forêts à couvert ouvert (3 km² ou moins de 0,1 % au cours de la période). De plus, les surfaces artificielles ont faiblement décru (5 km² ou moins de 0,1 % au cours de la période) au profit des plans et des cours d'eau. Cette dernière estimation est considérée comme imprécise.

2. Pour des explications à propos du manque de fiabilité de cette estimation, voir la sous-section qui porte sur les milieux humides herbacés ou arbustifs de la section 3.2.2.

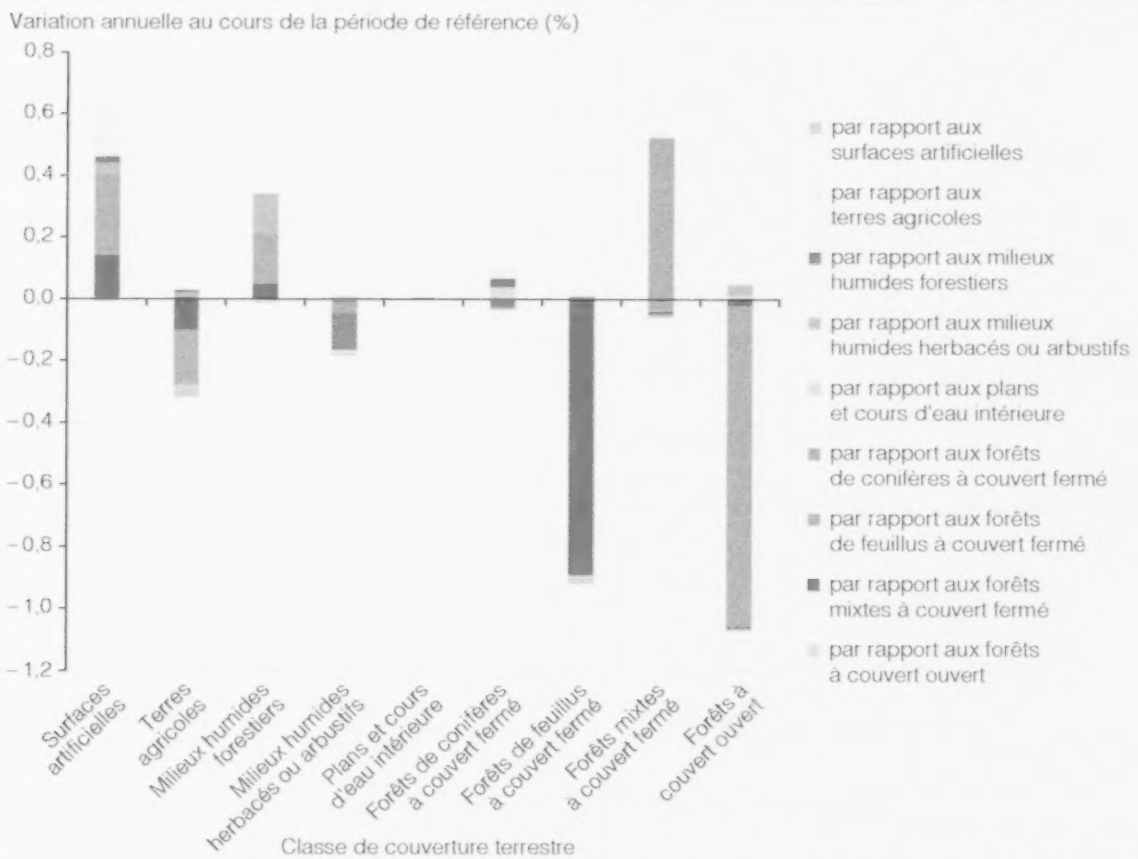
3. Une part de l'augmentation de la superficie des plans et des cours d'eau intérieure est due à une plus grande précision du tracé de l'hydrographie entre le 3e et le 4e inventaire écoforestier : des petits plans ou cours d'eau paraissent sur la carte la plus récente alors qu'ils ne paraissaient pas sur la carte antérieure.

4. Les peuplements résineux dominent à l'intérieur du territoire de la forêt publique « sous aménagement » du Québec méridional depuis le premier inventaire forestier, qui a été réalisé au cours des années 1970 (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2009 : 16).

5. Les matrices des augmentations et des diminutions de couverture terrestre ne sont pas présentées par région administrative.

Figure 3.2.1.1

Changement annuel net de chaque classe de couverture terrestre au détriment ou au profit des autres classes en proportion du stock d'ouverture, Québec méridional (1990-1999 – 2002-2013)



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

La matrice des changements de couverture terrestre est symétrique : les terres agricoles ont perdu 134 km² au profit des surfaces artificielles. Cette diminution représente 0,5 % de la superficie des terres agricoles telle qu'elle existait au début de la période. Les terres agricoles ont également subi une perte nette de 592 km² (environ 2 %) et de 343 km² (environ 1 %) au profit des forêts de conifères et mixtes à couvert fermé, respectivement. Elles ont perdu environ 1 km² au profit des forêts à couvert ouvert. Les terres agricoles ont augmenté au détriment des milieux humides forestiers (de 33 km²), des milieux humides herbacés ou arbustifs (de 31 km²) et des forêts de feuillus à couvert fermée (de 35 km²)[6].

Les milieux humides forestiers ont augmenté au détriment de toutes les classes, sauf celles des surfaces artificielles et des terres agricoles. L'augmentation nette de leur superficie a surtout eu lieu au détriment des milieux humides herbacés ou arbustifs (de 535 km² ou près de 2 %) et des forêts de conifères, de feuillus et mixtes à

6. L'augmentation nette de la superficie des terres agricoles au détriment des forêts de feuillus à couvert fermé dans l'ensemble du Québec méridional reflète la tendance observée dans les régions de la Montérégie et du Centre-du-Québec. Elle est contraire à la tendance observée dans la plupart des régions administratives (voir la section 3.2.2, p. 69).

Voir l'avis de révision.

couvert fermé (respectivement de 588 km², 79 km² et 192 km²). Par ailleurs, les milieux humides herbacés ou arbustifs et les forêts à couvert ouvert ont diminué au profit des secteurs forestiers dits « productifs », au sens de l'inventaire écoforestier (milieux humides forestiers et forêts de conifères, de feuillus et mixtes à couvert fermé). Les estimations de la matrice des changements indiquent un gain net de superficie forestière productive de 1 079 km² ou près de 3 % par rapport à la superficie non productive du début de la période[7]. Enfin, les milieux humides herbacés ou arbustifs, ainsi que les plans et les cours d'eau intérieure, auraient diminué au profit des forêts à couvert ouvert. Ces transitions sont considérées comme improbables et les estimations correspondantes sont jugées imprécises ou peu fiables.

Les forêts de conifères à couvert fermé ont perdu 51 km² au profit des forêts de feuillus et gagné 582 km² au détriment des forêts mixtes. Cette sous-classe de forêts à couvert fermé a donc augmenté de 0,3 % par rapport aux deux autres sous-classes réunies[8]. Cependant, ces changements nets résultent de grandes superficies d'augmentation et de diminution des forêts de conifères par rapport aux deux autres classes de forêts à couvert fermé : respectivement de 627 km² et 678 km² par rapport aux forêts de feuillus et de 15 552 km² et 14 969 km² par rapport aux forêts mixtes (voir tableaux 3.2.1.3 et 3.2.1.4). La transition du couvert feuillu au couvert mixte montre une tendance plus évidente avec la diminution nette de 7 990 km² de forêts de feuillus (augmentation de 9 375 km² et diminution de 17 365 km² par rapport aux forêts mixtes).

Par ailleurs, la matrice des augmentations de couverture terrestre (ou celle des diminutions – l'une étant la transposée de l'autre) permet d'apprécier certains phénomènes de changement de couverture terrestre entre les décennies des années 1990 et 2000 dans le sud du Québec : l'afforestation (ou « l'enfrichement ») a touché environ 1 401 km² de terres agricoles (incluant l'augmentation des milieux humides forestiers) ; l'étalement urbain sur des terres agricoles s'est produit sur environ 135 km² ; l'étalement urbain sur des surfaces naturelles terrestres (total des milieux humides et des forêts)[9] a eu lieu sur 456 km². Les changements de couverture terrestre varient entre les régions administratives ; l'examen des données par région permet donc de nuancer les constats faits à l'échelle du Québec méridional.

7. Un gain de superficie forestière productive est possible : par exemple, la nature d'un terrain envahi par les aulnes suite à une coupe forestière peut être définie comme improductive, puis être par la suite redéfinie comme productive si la forêt semble être en voie de se régénérer. Cependant, une part de ces estimations risque de résulter d'une réévaluation du caractère « productif » du terrain forestier dans le 4e inventaire écoforestier sans qu'un changement réel de couverture ne soit survenu (André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle).

8. Entre le premier et le troisième inventaire forestier, soit entre la décennie des années 70 et celle des années 1990, la superficie des forêts de conifères avait diminué de 10 % par rapport à la superficie des forêts de feuillus et mixtes (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2009 : 16).

9. Puisque la définition des surfaces artificielles est large, la perte de surfaces naturelles au profit des surfaces artificielles survient à plusieurs occasions : par exemple, la construction d'une ligne de transport d'énergie peut amener la perte de milieux naturels (bien que la méthode de validation à l'aide de l'indice NDVI tende à invalider ce type de changement, section AI.6.1, p. 131).

Tableau 3.2.1.1

Compte physique de couverture terrestre, Québec méridional (1990-1999 – 2002-2013)

	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
Stock d'ouverture (1990-1999)	km²	6 637,0	26 053,6	31 666,2	34 209,8	151 273,5	172 694,5	69 363,3	117 610,3	6 543,6	**616 051,7**
Augmentation	km²	596,8	583,7	1 999,6	425,6**	120,8**	18 329,4	10 301,7	33 049,7	217,4**	**65 624,7**
Diminution	km²	68,9*	1 556,5	649,7	1 198,9*	92,9**	16 914,5	18 471,1	25 587,7	1 084,6*	**65 624,7**
Changement net	**km²**	**528,0**	**–972,8**	**1 349,9**	**–773,3****	**27,9****	**1 414,9**	**–8 169,4**	**7 462,0**	**–867,2***	**0,0**
	%	8,0	–3,7	4,3	–2,3**	0,0	0,8	–11,8	6,3	–13,3*	
Stock de fermeture (2002-2013)	km²	7 164,9	25 080,8	33 016,1	33 436,5	151 301,4	174 109,4	61 193,9	125 072,3	5 676,4	**616 051,7**

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.1.2

Matrice des changements de couverture terrestre, Québec méridional (1990-1999 – 2002 2013)

	Stock d'ouverture (superficie en 1990-1999)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2002-2013)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	6 637,0		134,3	18,8	32,1	-5,0*	68,8	157,2	118,4	3,3	**528,0**	7 164,9
Terres agricoles	26 053,6	-134,3		32,5	31,1	-1,3*	-591,8	34,9	-342,9	-0,9	**-972,8**	25 080,8
Milieux humides forestiers	31 666,2	-18,8	-32,5		535,4	0,4*	587,5	78,9	192,3	6,7	**1 349,9**	33 016,1
Milieux humides herbacés ou arbustifs	34 209,8	-32,1	-31,1	-535,4		34,5*	-118,2	-39,5	-21,2	-30,3	**-773,3****	33 436,5
Plans et cours d'eau intérieure	151 273,5	5,0*	1,3*	-0,4*	-34,5*		46,4*	4,9*	16,6*	-11,4*	**27,9***	151 301,4
Forêts de conifères à couvert fermé	172 694,5	-68,8	591,8	-587,5	118,2	-46,4*		-50,8	582,3	876,0	**1 414,9**	174 109,4
Forêts de feuillus à couvert fermé	69 363,3	-157,2	-34,9	-78,9	39,5	-4,9*	50,8		-7 990,0	6,3	**-8 169,4**	61 193,9
Forêts mixtes à couvert fermé	117 610,3	-118,4	342,9	-192,3	21,2	-16,6*	-582,3	7 990,0		17,4	**7 462,0**	125 072,3
Forêts à couvert ouvert	6 543,6	-3,3	0,9	-6,7	30,3	11,4*	-876,0	-6,3	-17,4		**-867,2***	5 676,4

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.1.3

Matrice des augmentations de couverture terrestre, Québec méridional (1990-1999 – 2002-2013)

	Augmentations à partir d'autres couvertures (km²)									**Augmentation totale**
	Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	
Surfaces artificielles		134,6	28,6	33,5	6,0*	84,9	165,2	139,8	4,3	**596,8**
Terres agricoles	0,3		63,2	49,0	0,6*	128,3	191,1	151,1	0,1	**583,7**
Milieux humides forestiers	9,8*	30,7		626,8	2,8*	902,2	109,2	310,1	8,0	**1 999,6**
Milieux humides herbacés ou arbustifs	1,3	17,9	91,4*		61,7*	77,3*	5,9*	33,1*	137,0**	**425,6****
Plans et cours d'eau intérieure	11,0*	1,9*	2,4*	27,3*		50,8*	6,4*	18,8*	2,2*	**120,8****
Forêts de conifères à couvert fermé	16,1*	720,2	314,7	195,5	4,5*		627,1	15 551,7	899,7	**18 329,4**
Forêts de feuillus à couvert fermé	8,0	156,2	30,2	45,5	1,5*	677,8		9 374,9	7,7	**10 301,7**
Forêts mixtes à couvert fermé	21,4*	494,0	117,8	54,3	2,2*	14 969,5	17 364,9		25,6	**33 049,7**
Forêts à couvert ouvert	1,0	1,0	1,3	167,2**	13,6*	23,7*	1,4	8,2*		**217,4****

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.1.4

Matrice des diminutions de couverture terrestre, Québec méridional (1990-1999 – 2002-2013)

	Diminutions vers d'autres couvertures (km²)									Diminution totale
	Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	
Surfaces artificielles		0,3	9,8*	1,3	11,0*	16,1*	8,0	21,4*	1,0	**68,9***
Terres agricoles	134,6		30,7	17,9	1,9*	720,2	156,2	494,0	1,0	**1 556,5**
Milieux humides forestiers	28,6	63,2		91,4*	2,4*	314,7	30,2	117,8	1,3	**649,7**
Milieux humides herbacés ou arbustifs	33,5	49,0	626,8		27,3*	195,5	45,5	54,3	167,2**	**1 198,9***
Plans et cours d'eau intérieure	6,0*	0,6*	2,8*	61,7*		4,5*	1,5*	2,2*	13,6*	**92,9****
Forêts de conifères à couvert fermé	84,9	128,3	902,2	77,3*	50,8*		677,8	14 969,5	23,7*	**16 914,5**
Forêts de feuillus à couvert fermé	165,2	191,1	109,2	5,9*	6,4*	627,1		17 364,9	1,4	**18 471,1**
Forêts mixtes à couvert fermé	139,8	151,1	310,1	33,1*	18,8*	15 551,7	9 374,9		8,2*	**25 587,7**
Forêts à couvert ouvert	4,3	0,1	8,0	137,0**	2,2*	899,7	7,7	25,6		**1 084,6***

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

3.2.2 Par région administrative

Le tableau 3.2.2.1 (p. 79) regroupe les comptes physiques de couverture terrestre pour la part de chaque région administrative qui est couverte par le territoire d'étude (tableau 2.2.1, p. 36) et pour la période de référence correspondant à chaque région (tableau 2.3.1, p. 38)[10]. Puisque la durée de la période de référence varie entre les régions (de 11 à 15 années), les estimations régionales ne sont pas entièrement comparables. Le changement net pour chaque région peut être divisé par le nombre d'années de la période qui lui correspond afin de mieux percevoir les différences entre les régions. De façon générale, le compte physique de couverture terrestre par région montre des tendances similaires à celles qui ont cours dans l'ensemble du Québec méridional, bien que l'ampleur des changements varie beaucoup entre les régions.

Surfaces artificielles

Le changement net des surfaces artificielles est positif dans les dix-sept régions administratives, comme l'illustre la figure 3.2.2.1 (page suivante). Cette figure présente le changement annuel net des surfaces artificielles dans chaque région en pourcentage de leur superficie en début de période. Le changement annuel net diffère de façon importante d'une région à l'autre : de 0,2 % dans la région de Montréal au cours de la période qui s'est écoulée entre 1994 et 2007 (environ 12 km² ou 3 % au total au cours de la période)[11] à 1,4 % par année dans la région de Laval au cours de la même période (environ 23 km² ou 18 %)[12]. L'augmentation annuelle nette des surfaces artificielles est particulièrement importante (0,7-0,9 % par année) dans les régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean (51 km² ou 11 % au total au cours de la période de référence), de l'Estrie (32 km² ou 9 %), de l'Outaouais (31 km² ou 11 %), de Lanaudière (44 km² ou 11 %), des Laurentides (57 km² ou 11 %), de la Montérégie (100 km² ou 10 %) et du Centre-du-Québec (27 km² ou 12 %). Le changement annuel net est faiblement positif (0,2-0,3 % par année) dans les régions de Montréal et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (7 km² ou 4 % au total au cours de la période de référence), ainsi que dans la partie des régions de la Côte-Nord (18 km² ou 5 %) et du Nord-du-Québec (11 km² ou 4 %)[13] couverte par le territoire d'étude.

10. Les stocks totaux d'ouverture et de fermeture des tableaux de données par région administrative ne correspondent pas exactement à la superficie de la part de chaque région administrative couverte par le territoire d'étude (excluant les classes « Pas de données » et « En attente de traitement ») présentée au tableau 2.2.1 (p. 36). Les stocks totaux qui apparaissent dans les tableaux de données sont calculés à partir des cellules de grille aux 50 m, tandis que les superficies du tableau 2.2.1 sont établies à partir des polygones des cartes écoforestières.

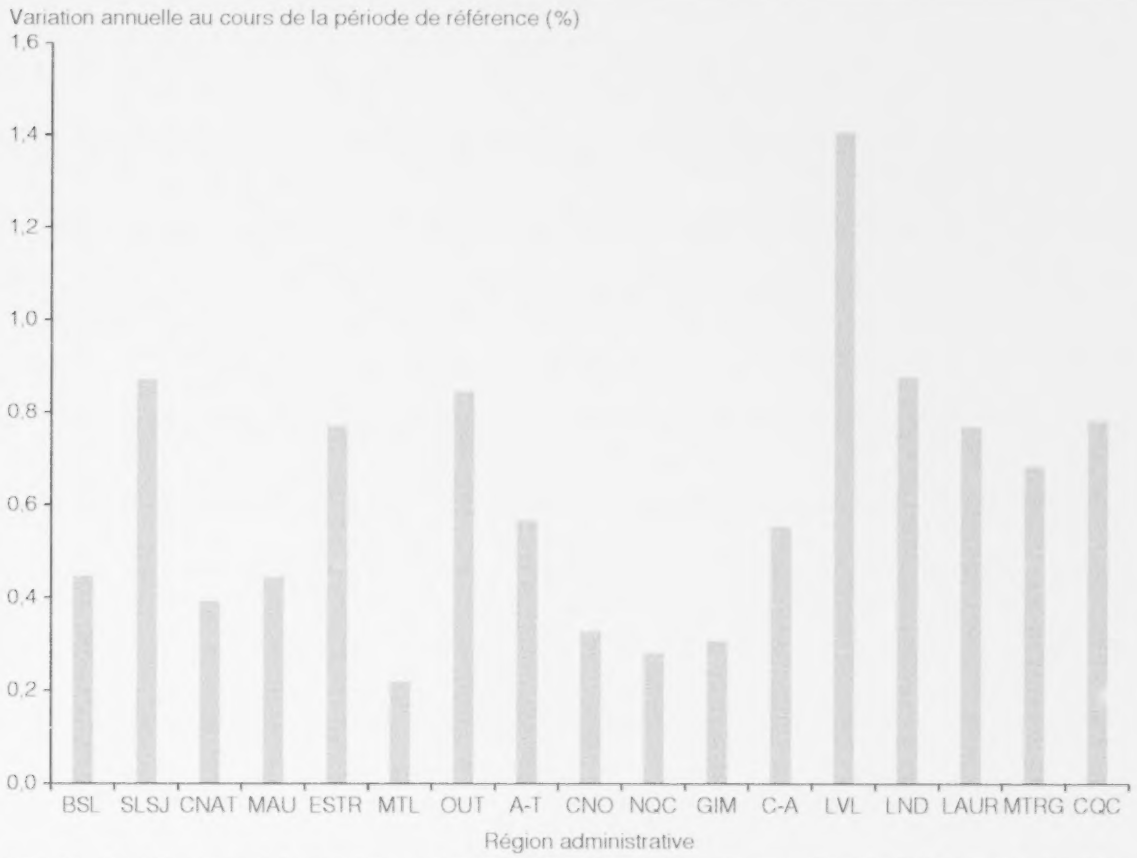
11. Se référer au tableau 2.3.1 pour connaître la période de référence propre à chaque région (p. 38).

12. La couverture hétérogène des polygones d'artificialisation dans les régions de Montréal et Laval rend imprécises les estimations d'augmentation, de diminution et de changement net des surfaces artificielles (voir le tableau 3.2.2.1, p. 79, et, pour des explications, la page 147, note 53).

13. La diminution des surfaces artificielles est relativement élevée par rapport à leur augmentation dans les régions de l'Abitibi-Témiscamingue et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine, ainsi que dans la partie des régions de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec couverte par le territoire d'étude, ce qui pourrait dénoter une imprécision dans l'estimation du changement net (tableau 3.2.2.1, p. 79). La diminution des surfaces artificielles dans ces régions se fait surtout au profit des milieux humides forestiers ainsi que des forêts de conifères et mixtes à couvert fermé. La méthode de validation basée sur l'indice NDVI (section AI.6.1, méthode B, p. 125) est moins efficace dans le cas des transitions impliquant des milieux humides forestiers, des forêts de conifères à couvert fermé, des milieux humides herbacés ou arbustifs et des forêts à couvert ouvert ainsi que dans le cas des transitions qui se produisent dans les domaines bioclimatiques situés plus au nord (voir la figure AI.6.1.2, p. 127).

Figure 3.2.2.1

Changement annuel net de la superficie des surfaces artificielles en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative

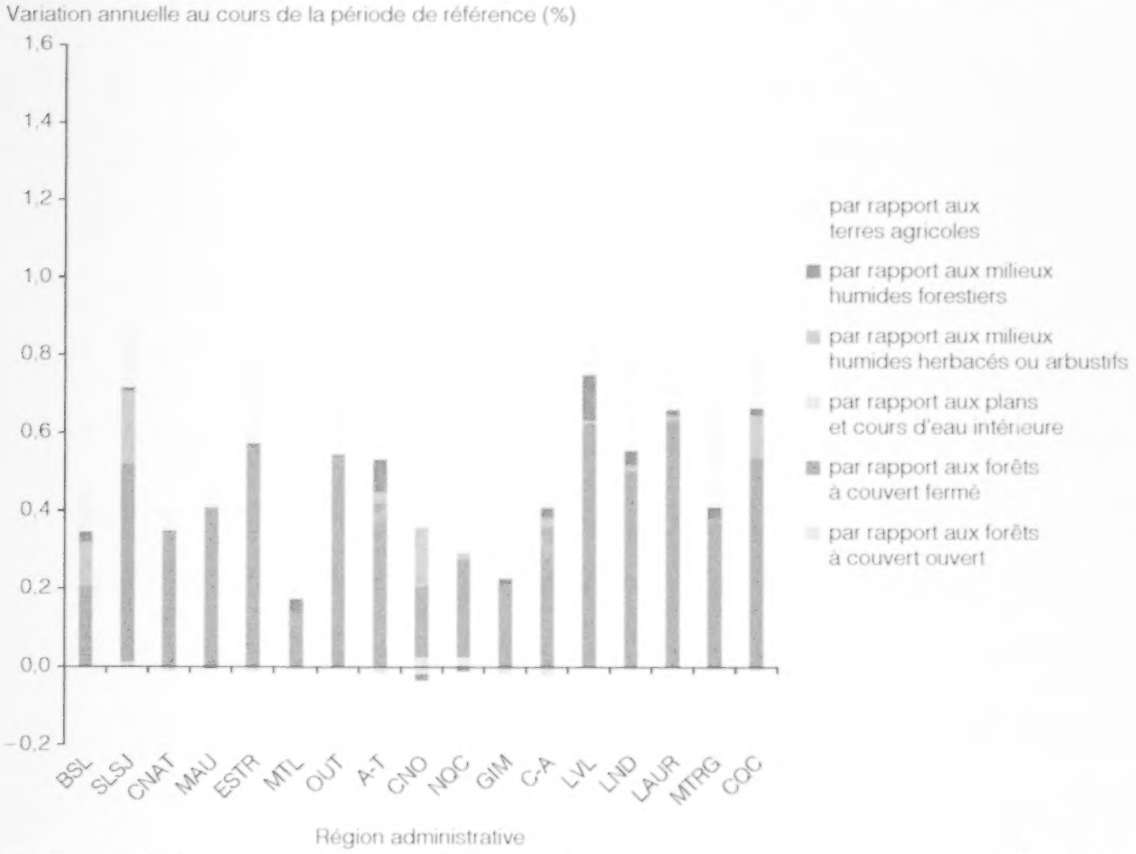


Note : BSL : Bas-Saint-Laurent. SLSJ : Saguenay–Lac-Saint-Jean. CNAT : Capitale-Nationale. MAU : Mauricie. ESTR : Estrie. MTL : Montréal. OUT : Outaouais. A-T : Abitibi-Témiscamingue. CNO : Côte-Nord. NQC : Nord-du-Québec. GIM : Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. C-A : Chaudière-Appalaches. LVL : Laval. LND : Lanaudière. LAUR : Laurentides. MTRG : Montérégie. CQC : Centre-du-Québec.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Figure 3.2.2.2

Changement annuel net de la superficie des surfaces artificielles au détriment ou au profit des autres classes de couverture terrestre en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative



Note : BSL : Bas-Saint-Laurent. SLSJ : Saguenay–Lac-Saint-Jean. CNAT : Capitale-Nationale. MAU : Mauricie. ESTR : Estrie. MTL : Montréal. OUT : Outaouais. A-T : Abitibi-Témiscamingue. CNO : Côte-Nord. NQC : Nord-du-Québec. GIM : Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. C-A : Chaudière-Appalaches. LVL : Laval. LND : Lanaudière. LAUR : Laurentides. MTRG : Montérégie. CQC : Centre-du-Québec.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Les matrices des changements de couverture terrestre par région (tableaux 3.2.2.2 à 3.2.2.18) indiquent que, à l'image du sud du Québec dans son ensemble, les surfaces artificielles augmentent au détriment des terres agricoles dans toutes les régions (figure 3.2.2.2, ci-dessus), excepté dans la partie des régions du Nord-du-Québec et de la Côte-Nord couverte par le territoire d'étude, où la mesure des superficies qui passent de l'une à l'autre de ces deux classes est en-deçà de la marge d'erreur[14]. Dans les régions de Montréal et Laval (tableaux 3.2.2.7 et 3.2.2.14), l'augmentation des surfaces artificielles affecte respectivement 3 km^2 et 11 km^2 de terres agricoles (soit 18 % et 19 % de la superficie agricole au début de la période). En d'autres termes, entre 1994 et 2007, les terres agricoles ont perdu chaque année 1,4 % de leur superficie au profit des surfaces artificielles dans ces deux régions (figure 3.2.2.3, p. 85).

De même, les surfaces artificielles augmentent au détriment des surfaces naturelles (milieux humides et forêts) dans presque toutes les régions[15]. Par exemple, en Montérégie, les surfaces artificielles ont augmenté de 5 km^2 au détriment des milieux humides forestiers (ce qui représente la perte d'environ 1 % de ces milieux naturels, ou près de 0,1 % par année) et de 55 km^2 au détriment des forêts à couvert fermé (une perte de près de 2 % de leur superficie ou 0,1 % par an) (tableau 3.2.2.17 et figure 3.2.2.4, p. 72). Dans le Centre-du-Québec, une superficie nette de près de 4 km^2 de milieux humides herbacés ou arbustifs a été perdue au profit des surfaces artificielles (soit 3 % de cette classe de milieux humides ou 0,2 % par an) (tableau 3.2.2.18).

De plus, dans les régions de Montréal et Laval, l'augmentation des surfaces artificielles affecte de petites superficies de surfaces naturelles qui représentent toutefois des proportions importantes de leur stock d'ouverture. À Montréal, ces pertes représentent 31 % des milieux humides forestiers et 19 % des forêts de feuillus et mixtes. À Laval, elles représentent 22 % des milieux humides forestiers et 21 % des forêts de feuillus et mixtes[16]. Dans certains cas, la valeur du changement net des surfaces artificielles par rapport aux surfaces naturelles est faiblement négative. Certaines de ces estimations sont jugées imprécises (voir la page 65, note 13). Enfin, pour la plupart des régions, la mesure des transitions entre les surfaces artificielles et les plans et les cours d'eau intérieure est proche de zéro ou n'est pas significativement différente de zéro (voir la page 58, note 3)[17].

14. La marge d'erreur des estimations de changement net à l'échelle de la région administrative est d'au moins 0,2 km^2. L'évaluation de cette marge d'erreur découle d'une appréciation globale de la méthodologie et est due notamment à l'application de la grille (section 2.7, p. 46). De plus, à titre indicatif et sur la base de la vérification des quelque deux cents grands polygones de changement qui concernent les surfaces artificielles (section A1.7), la marge d'erreur relative associée aux estimations d'augmentation ou de diminution de surfaces artificielles est évaluée à 7 ou 8 % (cette marge d'erreur est probablement plus élevée pour les régions de Montréal et Laval). La marge d'erreur varie sans doute d'un type de transition à un autre. Elle est certainement plus élevée, par exemple, dans le cas de la transition entre milieux humides herbacés ou arbustifs et forêts à couvert ouvert (voir les derniers paragraphes de l'introduction de la section A1.6.1).

15. Les estimations de changement net des surfaces artificielles par rapport aux milieux humides forestiers sont jugées imprécises pour plusieurs régions administratives (voir les tableaux 3.2.2.2 à 3.2.2.18), car la méthode de validation basée sur l'indice NDVI qui vise ce type de changement ne s'applique pas lorsque le milieu humide forestier est un site inondé (section A1.6.1, méthode B, p. 125).

16. L'estimation de changement net des surfaces artificielles au détriment des forêts de feuillus à couvert fermé est imprécise pour les régions de Montréal et Laval. Cette imprécision se rapporte principalement à l'identification du terrain naturel en tant que forêt de feuillus (voir les tableaux 3.2.2.7 et 3.2.2.14).

17. La perte nette de 1,3 km^2 de surfaces artificielles au profit des plans et des cours d'eau intérieure dans la région de la Chaudière-Appalaches entre 1990 et 2003 inclut la création de bassins d'eau dans un site minier.

Terres agricoles

Quinze des dix-sept régions administratives ont subi une perte nette de terres agricoles (tableau 3.2.2.1, p. 79). Parmi ces régions, le changement net varie de –0,1 % par année dans Lanaudière au cours de la période de référence (soit une diminution totale de 19 km² ou plus de 1 % au cours de la période) à –2,8 % par an dans la région de Montréal (–5 km² ou –37 % au cours de la période). Outre la région de Montréal, la partie du Nord-du-Québec couverte par le territoire d'étude (–1,8 % par an ; –9 km² ou –27 % au total) et la région de Laval (–1,9 % annuellement ; –14 km² ou –25 %) ainsi que, dans une moindre mesure, les régions de l'Outaouais (–0,8 % par an ; –137 km² ou –10 %), de l'Abitibi-Témiscamingue (–1,0 % par an ; –190 km² ou –11 %) et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (–1,2 % par an ; –54 km² ou –14 %) affichent un taux élevé de diminution annuelle nette des terres agricoles.

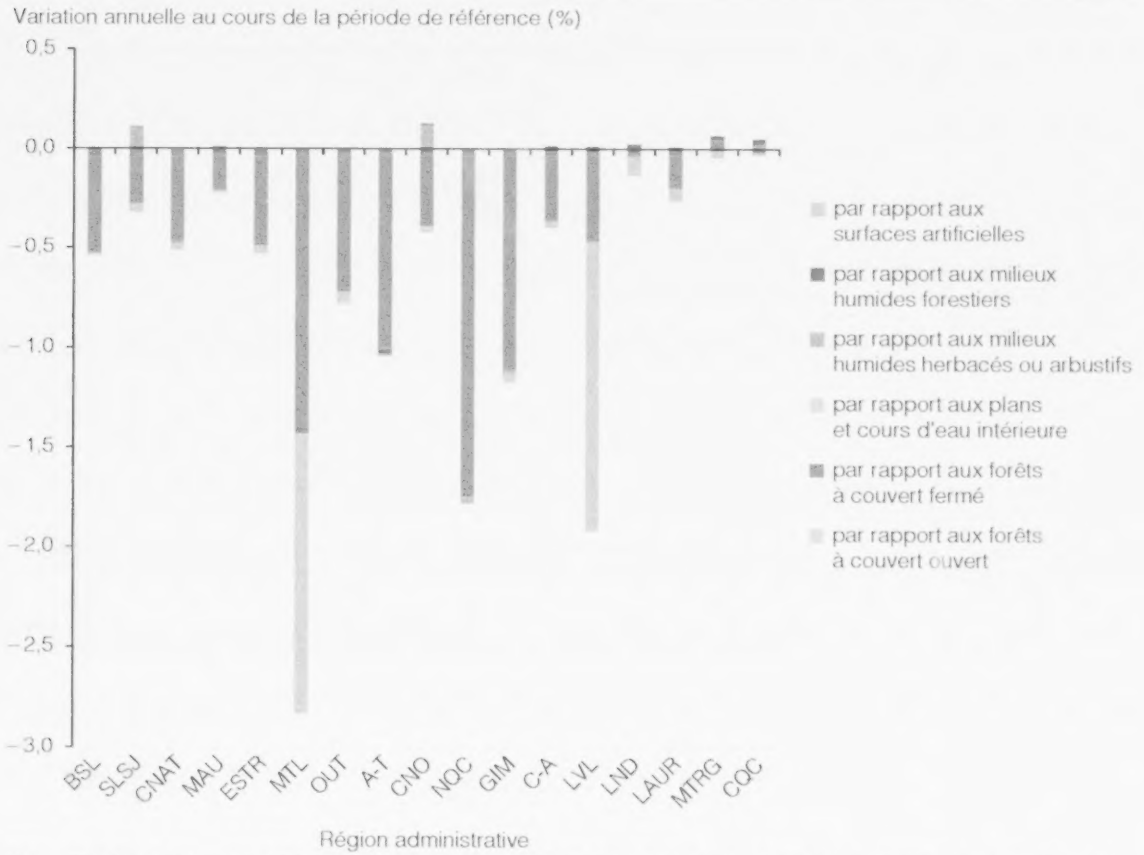
Le changement net de terres agricoles est positif dans les régions de la Montérégie, où l'augmentation des terres agricoles (148 km²) dépasse de 24 km² leur diminution (124 km²), et du Centre-du-Québec, où l'augmentation de la superficie agricole (103 km²) dépasse de 9 km² sa diminution (95 km²). De plus, l'augmentation des terres agricoles compense en bonne partie leur diminution dans la partie de la Côte-Nord couverte par le territoire d'étude (87 km² par rapport à 91 km²) et dans la région de Lanaudière (26 km² par rapport à 38 km²). Ceci signifie que, particulièrement dans ces quatre régions, les étendues de terres agricoles ont été relocalisées sur le territoire. Cette relocalisation se fait notamment par rapport aux forêts à couvert fermé. Voir l'avis de révision.

Selon les matrices des changements de couverture terrestre (tableaux 3.2.2.2 à 3.2.2.18), les terres agricoles ont perdu en superficie au détriment des forêts de conifères à couvert fermé dans toutes les régions[18], sauf dans la région de Montréal où il n'y a eu aucun changement à ce titre, et au détriment des forêts mixtes, sauf en Estrie, ainsi que dans les régions de Montréal et Laval où il n'y a eu aucun changement significatif à ce titre. De plus, elles ont décru au détriment des forêts de feuillus dans toutes les régions, sauf dans celles de la Chaudière-Appalaches, de Lanaudière, de la Montérégie et du Centre-du-Québec. Dans ces deux dernières régions, l'augmentation des terres agricoles au détriment des forêts de feuillus représente environ 1 % de la superficie des terres agricoles en début de période ou une perte d'environ 2 % des forêts de feuillus.

18. Dans la région de la Chaudière-Appalaches, plusieurs polygones de changement qui représentent la transition d'une terre agricole vers une forêt de conifères à couvert fermé se sont révélés être faux lors de l'observation des images satellites de Google Earth dans certains secteurs, malgré la validation de ce type de changement sur la base de l'âge des peuplements (section AI.6.1, méthode C, p. 132). L'estimation de changement net des terres agricoles est donc jugée imprécise pour cette région (voir tableau 3.2.2.13, p. 95).

Figure 3.2.2.3

Changement annuel net de la superficie des terres agricoles au détriment ou au profit des autres classes de couverture terrestre en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative



Note : BSL : Bas-Saint-Laurent. SLSJ : Saguenay–Lac-Saint-Jean. CNAT : Capitale-Nationale. MAU : Mauricie. ESTR : Estrie. MTL : Montréal. OUT : Outaouais. A-T : Abitibi-Témiscamingue. CNO : Côte-Nord. NQC : Nord-du-Québec. GIM : Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. C-A : Chaudière-Appalaches. LVL : Laval. LND : Lanaudière. LAUR : Laurentides. MTRG : Montérégie. CQC : Centre-du-Québec.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Les changements entre terres agricoles et milieux humides forestiers, ou herbacés ou arbustifs, varient davantage d'un territoire à l'autre : la superficie des terres agricoles a augmenté au détriment des premiers dans les régions de la Chaudière-Appalaches (de 6 km² ou 0,2 % au total au cours de la période de référence), de Lanaudière (de près de 3 km² ou 0,2 %), des Laurentides (de 1 km² ou 0,1 %), de la Montérégie (de 20 km² ou 0,3 %) et du Centre-du-Québec (de 13 km² ou 0,4 %). Dans les régions de la Montérégie et du Centre-du-Québec, la croissance de la superficie agricole se produit respectivement au détriment de plus de 5 % et de 2 % de la superficie des milieux humides forestiers.

De plus, les terres agricoles augmentent au détriment des milieux humides herbacés ou arbustifs dans les régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean (de 22 km² ou 1,4 % au total au cours de la période de référence), de Lanaudière (de 1 km² ou 0,1 %), de la Montérégie (de 5 km² ou 0,1 %) et du Centre-du-Québec (de 9 km² ou 0,3 %) ainsi que dans la partie de la Côte-Nord couverte par le territoire d'étude (de près de 1 km² ou 2 %)[19]. Dans les régions de la Montérégie et du Centre-du-Québec, cette augmentation engendre une diminution d'environ 4 % et 7 % des milieux humides herbacés ou arbustifs. Enfin, il n'y a que de petites superficies où des transitions entre les terres agricoles et les forêts à couvert ouvert ont eu lieu.

Milieux humides forestiers

Le changement net qui concerne les milieux humides forestiers est positif dans treize régions, de 0,2 % par an dans la partie de la Côte-Nord couverte par le territoire d'étude et dans la région du Centre-du-Québec (3 % au total au cours de la période de référence ou, respectivement, 31 km² et 15 km²) à 0,7 % par an dans Lanaudière (41 km² ou 9 %) (tableau 3.2.2.1, p. 79). En plus de la région de Lanaudière, l'augmentation annuelle nette est la plus élevée dans les régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean (0,7 % par an; 266 km² ou 9 % au total), de la Mauricie (0,5 % par an; 77 km² ou 6 %) et des Laurentides (0,5 % par an; 53 km² ou 7 %). Le changement net des milieux humides forestiers est négatif dans quatre régions : Montréal (–2,3 % par an; –2 km² ou –30 %), la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (–0,1 % par an; –3 km² ou –1 %), Laval (–2,2 % par an; près de –3 km² ou –28 %) et la Montérégie (–0,2 % par an; –12 km² ou –2 %). Les régions de Montréal et Laval ont donc perdu environ le quart de leurs milieux humides forestiers au cours de la période de référence.

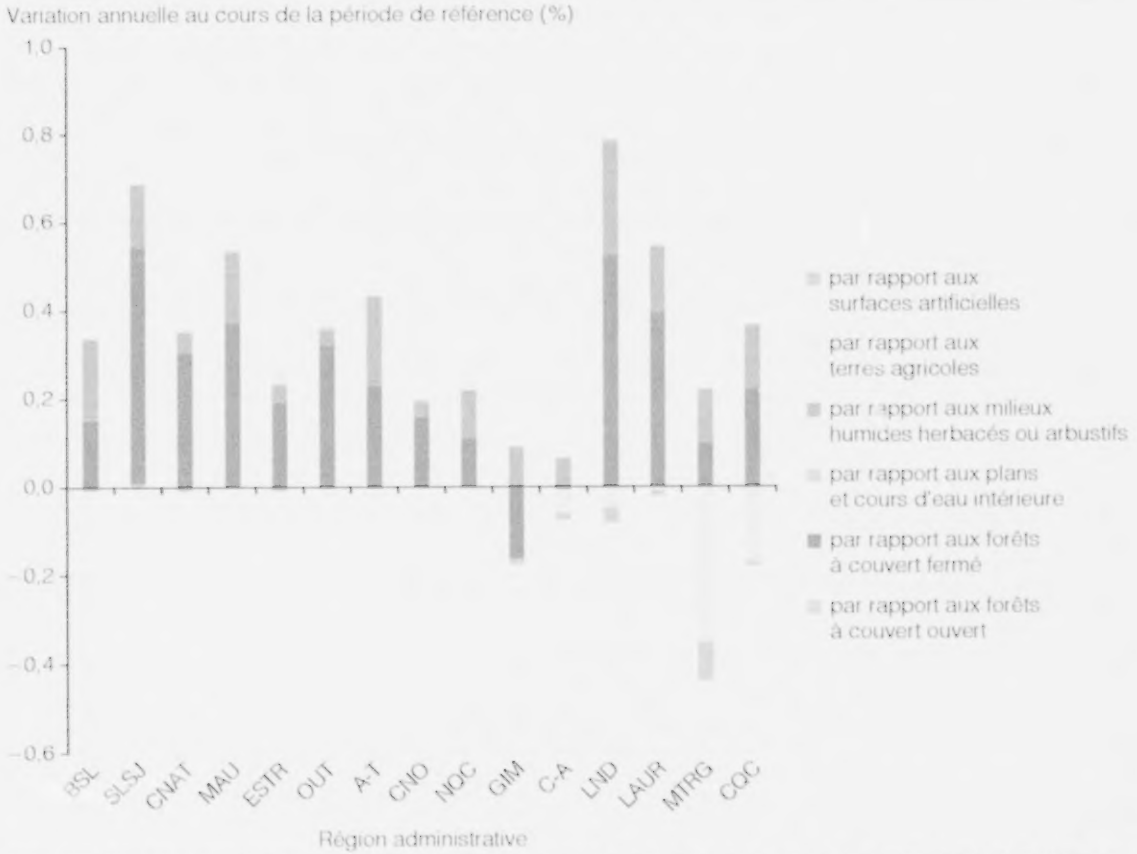
Les matrices des changements de couverture terrestre (tableaux 3.2.2.2 à 3.2.2.18) et la figure 3.2.2.4 (ci-contre) montrent que la superficie des milieux humides forestiers augmente principalement au détriment des milieux humides herbacés ou arbustifs et des forêts à couvert fermé. Dans la région de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine, l'augmentation de la superficie des milieux humides forestiers (20 km²) est compensée par une diminution de superficie du même ordre de grandeur (23 km²), laquelle se produit principalement au profit des forêts à couvert fermé (22 km²) (tableau 3.2.2.12, p. 94)[20]. Par ailleurs, les régions de la Montérégie et du Centre-du-Québec se caractérisent par une diminution notable de la superficie de leurs milieux humides forestiers au profit des terres agricoles (voir texte ci-dessus à propos des terres agricoles).

19. Aux endroits où la superficie des terres agricoles décroît au profit des milieux humides herbacés ou arbustifs (les terres agricoles subissent une perte nette de superficie au profit des milieux humides herbacés ou arbustifs dans les régions de la Capitale-Nationale, de l'Estrie, de l'Outaouais, de l'Abitibi-Témiscamingue, de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine, de la Chaudière-Appalaches et des Laurentides), une partie des terres agricoles perdues correspond probablement à des terres abandonnées qui se seraient peu à peu transformées en friches. Ces terrains devaient à l'origine avoir été des milieux humides drainés pour être convertis à l'agriculture. L'abandon des terres agricoles aurait amené l'arrêt du drainage et une remontée des nappes phréatiques, d'où l'apparition de milieux humides herbacés ou arbustifs. Ce phénomène est essentiellement observé en périphérie des zones urbaines où semble exister une demande de terrains pour le développement résidentiel ou industriel (Marcel DAIGLE, Canards illimités Can., communication personnelle).

20. Les estimations relatives aux changements entre les milieux humides forestiers et les forêts à couvert fermé pourraient être imprécises dans certains cas. Le texte qui porte sur la méthode de validation des changements entre les milieux humides forestiers et les forêts à couvert fermé sur la base du drainage (section A1.6.1, méthode G, p. 138) ainsi que l'encadré 2.1.1 (p. 34) fournissent des explications sur les difficultés que pose la mesure de ce type de changement.

Figure 3.2.2.4

Changement annuel net de la superficie des milieux humides forestiers au détriment ou au profit des autres classes de couverture terrestre en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative



Note : BSL : Bas-Saint-Laurent. SLSJ : Saguenay–Lac-Saint-Jean. CNAT : Capitale-Nationale. MAU : Mauricie. ESTR : Estrie. OUT : Outaouais. A-T : Abitibi-Témiscamingue. CNO : Côte-Nord. NQC : Nord-du-Québec. GIM : Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. C-A : Chaudière-Appalaches. LND : Lanaudière. LAUR : Laurentides. MTRG : Montérégie. CQC : Centre-du-Québec. Les statistiques pour les régions de Laval et Montréal sont exclues du graphique pour bien montrer les tendances qui ont lieu dans les autres régions.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Milieux humides herbacés ou arbustifs

La superficie des milieux humides herbacés ou arbustifs aurait diminué dans quatorze régions administratives. Cependant, plusieurs des estimations sont imprécises ou peu fiables (tableau 3.2.2.1, p. 79). Une diminution importante de cette classe de couverture terrestre a eu lieu dans le Centre-du-Québec (–1,4 % par an; –27 km² ou –21 % au total au cours de la période de référence). Outre cette dernière région, la diminution annuelle nette de ce type de milieux humides serait la plus importante dans trois régions : le Bas-Saint-Laurent (–1,1 % par an; –29 km² ou –12 %), la Montérégie (–0,7 % par an; –14 km² ou –11 %) et Lanaudière (–0,5 % par an; –19 km² ou –7 %)[21]. La valeur du changement net est nulle ou n'est pas significativement différente de zéro dans les régions de Montréal et Laval.

Les matrices des changements de couverture terrestre montrent une diminution nette des milieux humides herbacés ou arbustifs au profit des milieux humides forestiers et des forêts à couvert fermé dans la majorité des régions administratives (tableaux 3.2.2.2 à 3.2.2.18). Cependant, la mesure de cette diminution, qui représente un gain net de superficie forestière dite « productive » au sens de l'inventaire écoforestier, est sous-estimée si elle comprend une part importante de superficie où, à l'inverse, les milieux humides herbacés ou arbustifs remplacent les secteurs forestiers « productifs ». En effet, les terrains forestiers improductifs ne succèdent normalement pas aux terrains forestiers productifs[22], bien que le phénomène de la « paludification » à l'intérieur de la pessière à mousses peut expliquer la diminution de la superficie forestière « productive » dans les régions de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec, notamment[23]. L'imprécision dans les estimations de changement net des milieux humides herbacés ou arbustifs découle aussi de la mesure des changements par rapport aux plans et aux cours d'eau intérieure, aux forêts à couvert ouvert et aux surfaces artificielles[24]. Les estimations de changement net des milieux humides herbacés ou arbustifs sont considérées comme imprécises ou peu fiables pour onze des dix-sept régions.

Plans et cours d'eau intérieure

Comme dans l'ensemble du Québec méridional, la variation nette de superficie des plans et des cours d'eau intérieure mesurée en pourcentage du stock d'ouverture est négligeable et se situe dans l'intervalle [–0,1 %; 0,1 %] dans treize des dix-sept régions administratives. Le changement net est de 0,2 % (18 km²) au Saguenay–Lac-Saint-Jean, de –0,2 % (ou –7 km²) en Mauricie, de –0,3 % (–0,1 km²) dans Laval et de 0,7 % (2,3 km²) dans le Centre-du-Québec. Étant donné le caractère souvent filiforme des plans et des cours d'eau, il est possible que l'application de l'algorithme de couverture terrestre dominante à l'intérieur des cellules de la grille aux 50 m crée un biais dans l'estimation de leur augmentation ou de leur diminution (à ce sujet, voir les deux derniers paragraphes de la section 2.7 ; voir aussi la page 58, note 3).

21. L'estimation du changement net des milieux humides herbacés ou arbustifs pour la région de Lanaudière est considérée comme imprécise.

22. Malgré la méthode de validation qui a été appliquée (section A1.6.1, méthode I, p. 126), l'augmentation des milieux humides herbacés ou arbustifs au détriment des milieux humides forestiers et des forêts à couvert fermé est possiblement souvent surestimée.

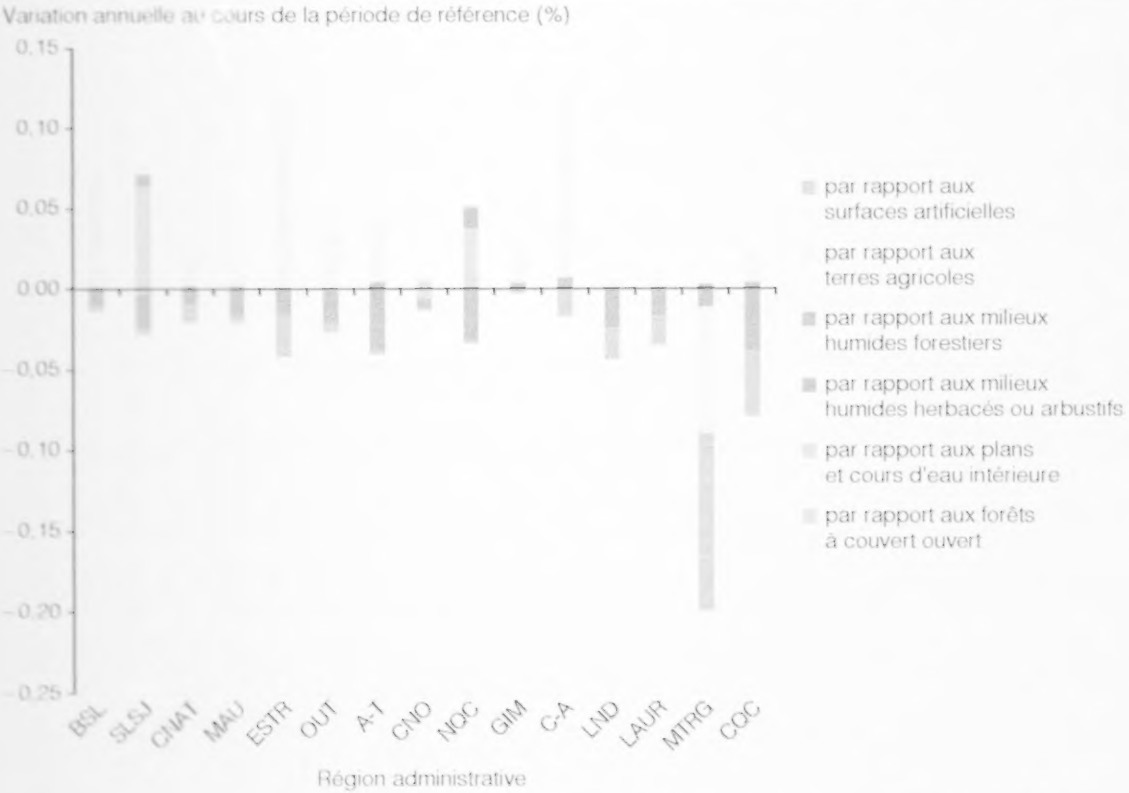
23. « La paludification (entourbement) consiste en une accumulation de la couche organique du sol qui mène graduellement à la formation d'une tourbière. [...] L'augmentation de l'épaisseur de la couche organique, qui constitue un nouveau substrat de croissance, se traduit par une perte de productivité ligneuse. » Voir LOISELLE (2013), *Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018*, Gouvernement du Québec, Roberval, p. 193, [En ligne] [transparence.sqf.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2013/01/MDF_VI.pdf] (Consulté le 28 septembre 2017). Nous remercions Marcel Darveau (Canards illimités Canada) de nous avoir suggéré cette explication.

24. Premièrement, la différence de définition des sites inondés entre le 3e et le 4e inventaire écoforestier pourrait biaiser l'estimation des changements entre les classes de terrains appartenant aux sites inondés, dont les milieux humides herbacés et arbustifs et les plans et les cours d'eau intérieure. Deuxièmement, les transitions entre les milieux humides herbacés ou arbustifs et les forêts à couvert ouvert sont improbables (voir la section A1.3.1). Troisièmement, la méthode de validation à l'aide de l'indice NDVI, qui vise les transitions entre les surfaces artificielles et les surfaces naturelles (section A1.6.1, méthode II, p. 125), distingue moins efficacement les faux des vrais changements dans le cas notamment des milieux humides herbacés ou arbustifs (page 65, note 13).

Forêts à couvert fermé

La superficie de l'ensemble des forêts à couvert fermé a augmenté dans neuf des dix-sept régions administratives. Leur augmentation annuelle nette dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue est proche de zéro (18 km² au total au cours de la période de référence) ; elle est de 0,1 % dans la région de la Chaudière-Appalaches (139 km² ou 1,4 % au total) (tableau 3.2.2.1, p. 79, et figure 3.2.2.5, ci-contre). La superficie des forêts à couvert fermé a diminué de moins de 0,01 % par année dans la partie de la Côte-Nord couverte par le territoire d'étude (–38 km² ou –0,1 % au total) et de 1,0 % par année dans la région de Montréal (–5 km² ou –13 % au total). Plus particulièrement, le changement net des forêts de conifères à couvert fermé est positif dans neuf des dix-sept régions (de moins de 0,1 % par an ou, au total, 111 km² ou 1 %, dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue et de 1,1 % par an ou, au total, 77 km² ou 16 % dans la région du Centre-du-Québec) (figure 3.2.2.6, p. 76). En Mauricie, la superficie des forêts de conifères a diminué de 0,2 % par an (au total, de 242 km² ou 2 %) ; elle a décru de 0,5 % par an dans la région de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (–491 km² ou –6 % au total).

Figure 3.2.2.5
Changement annuel net de la superficie des forêts à couvert fermé au détriment ou au profit des autres classes de couverture terrestre en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative



Note : BSL : Bas-Saint-Laurent. SLSJ : Saguenay–Lac-Saint-Jean. CNAT : Capitale-Nationale. MAU : Mauricie. ESTR : Estrie. OUT : Outaouais. A-T : Abitibi-Témiscamingue. CNO : Côte-Nord. NQC : Nord-du-Québec. GIM : Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. C-A : Chaudière-Appalaches. LND : Lanaudière. LAUR : Laurentides. MTRG : Montérégie. CQC : Centre-du-Québec. Les statistiques pour les régions de Laval et Montréal sont exclues du graphique pour bien montrer les tendances qui ont lieu dans les autres régions.

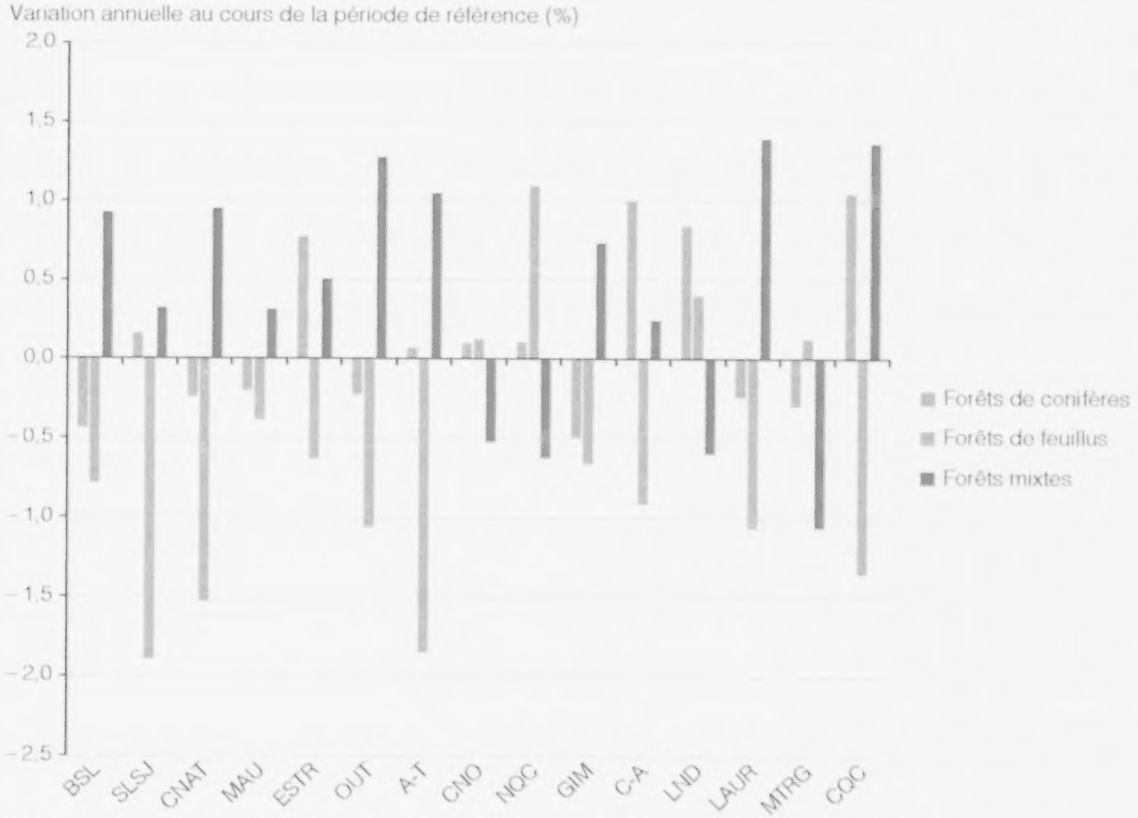
Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

La superficie des forêts de feuillus a diminué partout dans le Québec méridional (de 0,4 % par an ou, au total, 265 km² ou 4 % en Mauricie à 1,9 % par an ou, au total, 1 274 km² ou près de 25 % au Saguenay–Lac-Saint-Jean), sauf dans la partie des régions de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec couverte par le territoire d'étude (augmentation respective de 0,1 % par an ou, au total, de 29 km² ou 2 % et de 1,1 % par an ou, au total, de 281 km² ou 16 %) et dans les régions de Lanaudière (0,4 % par an ; 182 km² ou 5 %) et de la Montérégie (0,1 % par an ; 44 km² ou 2 %) (figure 3.2.2.6, page suivante). Outre la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, la superficie des forêts de feuillus a diminué d'une façon particulièrement importante dans les régions de la Capitale-Nationale (–1,5 % par an ; –622 km² ou –18 %), de l'Abitibi-Témiscamingue (–1,8 % par an ; –2 112 km² ou –20 %) et du Centre-du-Québec (–1,4 % par an ; –314 km² ou –20 %). À l'exception des régions de Montréal, du Nord-du-Québec, de Laval, de Lanaudière et de la Montérégie, la superficie des forêts de feuillus à couvert fermé a diminué partout au profit des forêts mixtes (tableaux 3.2.2.2 à 3.2.2.18 et figure 3.2.2.7, p. 77).

Quant à elles, les forêts mixtes à couvert fermé ont augmenté en superficie dans la plupart des régions (de 0,2 % par an ou, au total, de 162 km² ou 3 % dans la région de la Chaudière-Appalaches à 1,4 % par an ou, au total, de 1 332 km² ou 20 % dans celle des Laurentides), sauf dans les régions de Montréal (–3,0 % par an ; près de –1 km² ou –39 % au total), de Laval (–3,3 % par an ; –1,5 km² ou –43 %), de Lanaudière (–0,6 % par an ; –385 km² ou –8 %) et de la Montérégie (–1,1 % par an ; –133 km² ou –16 %) ainsi que dans la partie de la Côte-Nord (–0,5 % par an ; –506 km² ou –7 %) et du Nord-du-Québec (–0,6 % par an ; –703 km² ou –9 %) couverte par le territoire d'étude. L'augmentation des forêts mixtes est la plus élevée dans les régions de l'Outaouais (1,3 % par an ; 1 832 km² ou 17 % au total), de l'Abitibi-Témiscamingue (1,1 % par an ; 2 018 km² ou 12 %), des Laurentides et du Centre-du-Québec (1,4 % par an ; 212 km² ou 20 %).

Figure 3.2.2.6

Changement annuel net de la superficie des forêts de conifères, de feuillus et mixtes à couvert fermé en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative



Note : BSL : Bas-Saint-Laurent. SLSJ : Saguenay–Lac-Saint-Jean. CNAT : Capitale-Nationale. MAU : Mauricie. ESTR : Estrie. OUT : Outaouais. A-T : Abitibi-Témiscamingue. CNO : Côte-Nord. NQC : Nord-du-Québec. GIM : Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. C-A : Chaudière-Appalaches. LND : Lanaudière. LAUR : Laurentides. MTRG : Montérégie. COC : Centre-du-Québec. Les statistiques pour les régions de Laval et Montréal sont exclues du graphique pour bien montrer les tendances qui ont lieu dans les autres régions.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Figure 3.2.2.7

Changement annuel net de la superficie des forêts de feuillus à couvert fermé au détriment ou au profit des autres classes de forêts à couvert fermé en proportion du stock d'ouverture pour chaque région administrative

Note : BSL : Bas-Saint-Laurent. SLSJ : Saguenay–Lac-Saint-Jean. CNAT : Capitale-Nationale. MAU : Mauricie. ESTR : Estrie. MTL : Montréal. OUT : Outaouais. A-T : Abitibi-Témiscamingue. CNO : Côte-Nord. NQC : Nord-du-Québec. GIM : Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine. C-A : Chaudière-Appalaches. LVL : Laval. LND : Lanaudière. LAUR : Laurentides. MTRG : Montérégie. CQC : Centre-du-Québec.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

La tendance à l'enrésinement qui se dégage des données compilées à l'échelle du Québec méridional n'est pas reflétée également dans les données régionales. Dans onze régions, la superficie des forêts de conifères à couvert fermé a augmenté au détriment des forêts de feuillus (notamment, de 1 % de leur superficie au début de la période de référence dans les régions de l'Estrie et de la Chaudière-Appalaches, ou respectivement de 11 km^2 ou 21 km^2, et de 4 % ou 20 km^2 dans la région du Centre-du-Québec). Ce n'est pas le cas des régions de la Mauricie et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine et de la partie de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec couverte par le territoire d'étude (il n'y a eu aucun changement de ce type dans les régions de Montréal et Laval). Les forêts de conifères ont augmenté au détriment des forêts mixtes dans sept régions (soit dans les régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean, de l'Abitibi-Témiscamingue, de la Chaudière-Appalaches, de Lanaudière et du Centre-du-Québec ainsi que dans la partie de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec couverte par le territoire d'étude). Les forêts mixtes ont eu tendance à gagner du terrain sur les forêts de feuillus dans douze régions, ce qui exclut les régions de Montréal, du Nord-du-Québec (partie couverte par le territoire d'étude), de Laval, de Lanaudière et de la Montérégie (figure 3.2.2.7, ci-dessus).

Forêts à couvert ouvert

Enfin, le changement net des forêts à couvert ouvert est négatif dans sept des dix-sept régions (tableau 3.2.2.1). Il est positif dans les régions du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine et dans la partie de la Côte-Nord couverte par le territoire d'étude. La variation de superficie des forêts à couvert ouvert est principalement attribuable aux transitions par rapport aux milieux humides herbacés ou arbustifs ou aux forêts à couvert fermé (tableaux 3.2.2.2 à 3.2.2.18). Les mises en garde faites plus haut en lien avec ces transitions[25] font en sorte que les estimations de changement net des forêts à couvert ouvert sont jugées imprécises ou peu fiables pour les régions du Bas-Saint-Laurent, de la Capitale-Nationale, de l'Abitibi-Témiscamingue et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine ainsi que pour la partie de la région de la Côte-Nord couverte par le territoire d'étude. Le changement net des milieux humides herbacés ou arbustifs est nul ou à peu près nul dans les régions de l'Estrie, de Montréal, de la Chaudière-Appalaches, de Laval, de Lanaudière, de la Montérégie et du Centre-du-Québec.

25. Voir la page 60 (note 7) et la section AI.3.1 (p. 108).

Tableau 3.2.2.1

Compte physique de couverture terrestre, par région administrative, Québec méridional, différentes périodes

Région administrative	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
Bas-Saint-Laurent											
Stock d'ouverture (1993)	km²	309,3	2 413,9	1 138,3	240,7	6 195,2	6 395,7	4 067,8	7 580,8	54,3	**28 396,1**
Augmentation	km²	18,2	17,6	87,2	5,4**	1,5**	1 216,8	758,6	2 529,8	1,3**	**4 636,4**
Diminution	km²	3,0*	160,4	45,4	34,4	1,9**	1 522,9	1 109,4	1 758,6	0,4	**4 636,4**
Changement net	**km²**	**15,2**	**−142,8**	**41,9**	**−29,0**	**−0,4****	**−306,1**	**−350,8**	**771,3**	**0,9****	**0,0**
	%	4,9	−5,9	3,7	−12,0	0,0	−4,8	−8,6	10,2	1,6**	
Stock de fermeture (2004)	km²	324,5	2 271,0	1 180,2	211,7	6 194,8	6 089,6	3 717,0	8 352,1	55,2	**28 396,1**
Saguenay–Lac-Saint-Jean (89 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1995)	km²	454,0	1 575,1	2 996,3	5 140,5	9 352,7	51 423,7	5 175,6	16 310,4	2 034,5	**94 462,9**
Augmentation	km²	59,2	102,1	340,8	96,3**	34,2**	4 948,2	906,3	5 434,5	14,0**	**11 935,5**
Diminution	km²	7,7	146,0	74,5	212,7	16,1**	3 880,6	2 180,1	4 755,9	661,9	**11 935,5**
Changement net	**km²**	**51,5**	**−43,9**	**266,4**	**−116,4****	**18,0****	**1 067,6**	**−1 273,8**	**678,6**	**−647,9**	**0,0**
	%	11,3	−2,8	8,9	−2,3**	0,2*	2,1	−24,6	4,2	−31,8	
Stock de fermeture (2008)	km²	505,5	1 531,1	3 262,7	5 024,1	9 370,7	52 491,4	3 901,8	16 989,0	1 386,6	**94 462,9**
Capitale-Nationale											
Stock d'ouverture (1990)	km²	561,5	871,4	444,0	367,5	2 290,1	5 829,3	3 396,9	7 031,9	173,2	**20 965,8**
Augmentation	km²	30,8	12,6	48,9	14,1**	2,7**	960,9	613,5	2 301,8	2,4**	**3 987,8**
Diminution	km²	4,3	66,1	30,0	14,5	1,7**	1 128,2	1 235,9	1 499,4	7,7	**3 987,8**
Changement net	**km²**	**26,5**	**−53,4**	**18,8**	**−0,3****	**1,0****	**−167,3**	**−622,3**	**802,4**	**−5,3***	**0,0**
	%	4,7	−6,1	4,2	−0,1**	0,0	−2,9	−18,3	11,4	−3,1*	
Stock de fermeture (2002)	km²	588,0	818,0	462,9	367,2	2 291,1	5 662,0	2 774,5	7 834,3	167,9	**20 965,8**
Mauricie											
Stock d'ouverture (1997)	km²	354,9	1 041,7	1 302,5	1 664,0	4 397,0	11 194,4	6 284,6	13 609,1	54,0	**39 902,2**
Augmentation	km²	20,2	14,3	98,8	19,5**	2,5**	1 077,1	1 321,0	2 775,5	1,4*	**5 330,2**
Diminution	km²	2,8	38,8	22,2	36,5	9,5**	1 319,5	1 586,1	2 309,0	5,8	**5 330,2**
Changement net	**km²**	**17,4**	**−24,5**	**76,6**	**−17,0****	**−7,0****	**−242,5**	**−265,2**	**466,5**	**−4,4**	**0,0**
	%	4,9	−2,4	5,9	−1,0**	−0,2*	−2,2	−4,2	3,4	−8,2	
Stock de fermeture (2008)	km²	372,3	1 017,3	1 379,1	1 647,0	4 390,0	10 952,0	6 019,4	14 075,6	49,6	**39 902,2**

Tableau 3.2.2.1 (suite)

Compte physique de couverture terrestre, par région administrative, Québec méridional, différentes périodes

Région administrative	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
Estrie											
Stock d'ouverture (1995)	km²	343,0	1 813,7	586,7	145,0	300,6	1 142,5	3 020,5	3 151,4	2,0	**10 505,4**
Augmentation	km²	34,1	44,9	26,9	4,6**	1,0**	333,6	284,0	699,5	0,0	**1 428,8**
Diminution	km²	2,4*	159,9	8,4	7,0	1,3**	227,6	513,1	509,0	0,0	**1 428,8**
Changement net	**km²**	**31,7**	**−115,0**	**18,5**	**−2,4****	**−0,3****	**106,0**	**−229,1**	**190,5**	**0,0**	**0,0**
	%	9,2	−6,3	3,2	−1,7**	−0,1*	9,3	−7,6	6,0	0,7	
Stock de fermeture (2007)	km²	374,7	1 698,7	605,2	142,6	300,4	1 248,5	2 791,4	3 341,9	2,0	**10 505,4**
Montréal											
Stock d'ouverture (1994)	km²	435,8	14,3	6,4	0,1	126,3	0,3	39,2	2,2	0,0	**624,6**
Augmentation	km²	12,8*	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	3,4	0,1	0,0	**16,7**
Diminution	km²	0,4*	5,3	2,0	0,0	0,1	0,0	8,0	1,0	0,0	**16,7**
Changement net	**km²**	**12,5***	**−5,3**	**−1,9**	**0,0**	**0,1**	**0,0**	**−4,6**	**−0,9**	**0,0**	**0,0**
	%	2,9*	−36,8	−29,8	−3,4	0,1	8,8	−11,6	−38,9	0,0	
Stock de fermeture (2007)	km²	448,3	9,0	4,5	0,1	126,4	0,3	34,6	1,4	0,0	**624,6**
Outaouais											
Stock d'ouverture (1990)	km²	281,3	1 347,0	1 503,0	720,4	3 503,6	3 184,5	12 428,1	11 069,0	10,7	**34 047,5**
Augmentation	km²	34,7	9,2	124,5	36,0*	9,2**	581,2	1 143,4	3 472,4	0,2	**5 411,0**
Diminution	km²	3,8	145,9	52,9	30,4	10,8**	673,2	2 852,8	1 640,2	1,1	**5 411,0**
Changement net	**km²**	**30,9**	**−136,7**	**71,6**	**5,7***	**−1,6****	**−92,0**	**−1 709,4**	**1 832,3**	**−0,9**	**0,0**
	%	11,0	−10,1	4,8	0,8*	0,0	−2,9	−13,8	16,6	−8,4	
Stock de fermeture (2003)	km²	312,3	1 210,4	1 574,6	726,0	3 502,0	3 092,5	10 718,7	12 901,2	9,8	**34 047,5**
Abitibi-Témiscamingue											
Stock d'ouverture (1994)	km²	310,0	1 658,5	6 875,9	6 017,5	7 129,0	14 513,9	10 390,6	17 451,0	226,2	**64 572,8**
Augmentation	km²	27,2	18,0	466,2	67,9*	8,9**	1 752,8	1 334,6	4 897,2	4,2**	**8 576,9**
Diminution	km²	7,9*	208,2	138,4	237,9	9,0**	1 641,5	3 446,1	2 879,0	8,8	**8 576,9**
Changement net	**km²**	**19,3***	**−190,2**	**327,8**	**−170,0**	**−0,2****	**111,4**	**−2 111,5**	**2 018,1**	**−4,6****	**0,0**
	%	6,2*	−11,5	4,8	−2,8	0,0	0,8	−20,3	11,6	−2,0**	
Stock de fermeture (2005)	km²	329,3	1 468,3	7 203,7	5 847,5	7 128,9	14 625,2	8 279,1	19 469,1	221,6	**64 572,8**

Tableau 3.2.2.1 (suite)
Compte physique de couverture terrestre, par région administrative, Québec méridional, différentes périodes

Région administrative	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
Côte-Nord (25 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1999)	km²	398,8	53,9	1 144,7	2 992,8	46 640,2	31 189,4	1 622,7	6 909,9	2 880,3	**93 832,8**
Augmentation	km²	25,0	3,6	57,3	81,9**	42,0**	1 818,1	504,8	1 605,5	169,3**	**4 307,5**
Diminution	km²	6,7*	5,7	26,4	173,9*	13,0**	1 378,7	476,1	2 111,7	115,2	**4 307,5**
Changement net	**km²**	**18,3***	**−2,2**	**30,9**	**−92,0****	**29,0****	**439,4**	**28,7**	**−506,2**	**54,1****	**0,0**
	%	4,6*	−4,0	2,7	−3,1**	0,1*	1,4	1,8	−7,3	1,9**	
Stock de fermeture (2013)	km²	417,1	51,7	1 175,5	2 900,8	46 669,2	31 628,8	1 651,4	6 403,7	2 934,4	**93 832,8**
Nord-du-Québec (9 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1996)	km²	267,7	35,1	12 436,5	15 457,0	8 248,7	32 725,6	1 708,0	7 523,3	884,3	**79 286,2**
Augmentation	km²	17,5	1,4	508,0	62,7**	5,0**	2 603,4	637,1	1 969,7	12,8**	**5 817,7**
Diminution	km²	6,2*	10,7	99,0	324,0	9,6**	2 062,3	355,9	2 672,5	277,5	**5 817,7**
Changement net	**km²**	**11,3***	**−9,3**	**409,0**	**−261,2***	**−4,6****	**541,1**	**281,2**	**−702,8**	**−264,7**	**0,0**
	%	4,2*	−26,6	3,3	−1,7*	−0,1*	1,7	16,5	−9,3	−29,9	
Stock de fermeture (2011)	km²	279,1	25,7	12 845,5	15 195,8	8 244,1	33 266,7	1 989,2	6 820,5	619,6	**79 286,2**
Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine											
Stock d'ouverture (1992)	km²	198,9	382,2	275,8	126,6	57 884,4	8 351,2	2 294,5	8 260,4	199,4	**77 973,4**
Augmentation	km²	10,2	4,3	20,2	7,8**	1,5**	1 508,5	655,3	2 754,8	10,9*	**4 973,5**
Diminution	km²	2,8*	57,9	22,9	8,3	12,7**	1 999,1	837,0	2 028,3	4,6	**4 973,5**
Changement net	**km²**	**7,3***	**−53,6**	**−2,7**	**−0,4****	**−11,2****	**−490,6**	**−181,6**	**726,6**	**6,3***	**0,0**
	%	3,7*	−14,0	−1,0	−0,3**	0,0	−5,9	−7,9	8,8	3,1*	
Stock de fermeture (2004)	km²	206,2	328,6	273,1	126,2	57 873,2	7 860,6	2 112,9	8 987,0	205,7	**77 973,4**
Chaudière-Appalaches											
Stock d'ouverture (1990)	km²	472,2	3 260,7	874,3	359,7	1 044,9	2 321,5	2 734,6	5 058,3	2,3	**16 128,5**
Augmentation	km²	39,3	63,1	34,6	12,7*	2,5**	746,2	377,1	1 136,7	0,2	**2 412,4**
Diminution	km²	5,3	224,1*	35,8	24,9	1,0**	443,6	702,4	975,1	0,2	**2 412,4**
Changement net	**km²**	**34,0**	**−161,0***	**−1,2**	**−12,2***	**1,5****	**302,6**	**−325,3**	**161,6**	**0,0**	**0,0**
	%	7,2	−4,9*	−0,1	−3,4*	0,1*	13,0	−11,9	3,2	1,5	
Stock de fermeture (2003)	km²	506,2	3 099,7	873,1	347,6	1 046,4	2 624,1	2 409,3	5 219,8	2,4	**16 128,5**

Tableau 3.2.2.1 (suite)

Compte physique de couverture terrestre, par région administrative, Québec méridional, différentes périodes

Région administrative	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
Laval											
Stock d'ouverture (1994)	km²	128,2	58,0	9,0	0,1	20,6	0,3	46,9	3,5	0,0	**266,6**
Augmentation	km²	23,9*	0,3	0,1	0,0	0,2	0,3	5,1	0,1	0,0	**30,0**
Diminution	km²	0,4*	14,6	2,6	0,0	0,2	0,0	10,4	1,6	0,0	**30,0**
Changement net	**km²**	**23,4***	**−14,4**	**−2,5**	**0,0**	**−0,1**	**0,3**	**−5,3**	**−1,5**	**0,0**	**0,0**
	%	18,3*	−24,8	−28,2	−44,4	−0,3	108,6	−11,3	−43,1	0,0	
Stock de fermeture (2007)	km²	151,7	43,7	6,5	0,0	20,6	0,6	41,6	2,0	0,0	**266,6**
Lanaudière											
Stock d'ouverture (1995)	km²	389,0	1 322,7	445,4	273,4	1 173,4	1 412,8	3 506,1	4 973,2	11,5	**13 507,5**
Augmentation	km²	48,4	25,8	54,3	3,7**	1,9**	321,7	729,5	669,5	0,0	**1 854,8**
Diminution	km²	4,0*	44,7	13,4	22,2	1,2**	167,2	547,1	1 054,7	0,2	**1 854,8**
Changement net	**km²**	**44,4**	**−18,9**	**40,8**	**−18,5***	**0,7****	**154,5**	**182,4**	**−385,3**	**−0,2**	**0,0**
	%	11,4	−1,4	9,2	−6,8*	0,1*	10,9	5,2	−7,7	−1,7	
Stock de fermeture (2008)	km²	433,4	1 303,8	486,2	254,9	1 174,0	1 567,3	3 688,6	4 587,9	11,3	**13 507,5**
Laurentides											
Stock d'ouverture (1991)	km²	532,3	946,5	727,9	449,7	1 911,3	2 325,0	8 803,7	6 807,3	6,1	**22 509,7**
Augmentation	km²	61,7	15,6	74,1	8,2**	3,1**	270,8	643,7	2 241,8	0,2	**3 319,1**
Diminution	km²	4,2	49,6	20,7	26,5	2,8**	348,3	1 956,4	910,1	0,5	**3 319,1**
Changement net	**km²**	**57,5**	**−34,0**	**53,4**	**−18,3***	**0,3****	**−77,5**	**−1 312,7**	**1 331,7**	**−0,3**	**0,0**
	%	10,8	−3,6	7,3	−4,1*	0,0	−3,3	−14,9	19,6	−4,4	
Stock de fermeture (2005)	km²	589,7	912,4	781,3	431,4	1 911,6	2 247,5	7 491,0	8 138,9	5,8	**22 509,7**
Montérégie											
Stock d'ouverture (1994)	km²	969,1	6 290,1	370,8	123,8	722,5	198,0	2 297,6	833,5	4,3	**11 809,8**
Augmentation	km²	104,5	147,5	22,9	2,8*	2,0**	41,3	267,4	141,5	0,5	**730,4**
Diminution	km²	4,8	123,9	35,1	16,4	1,6**	50,1	223,6	274,3	0,5	**730,4**
Changement net	**km²**	**99,6**	**23,6**	**−12,2**	**−13,6**	**0,4****	**−8,8**	**43,8**	**−132,7**	**−0,1**	**0,0**
	%	10,3	0,4	−3,3	−11,0	0,1*	−4,4	1,9	−15,9	−1,5	
Stock de fermeture (2009)	km²	1 068,7	6 313,7	358,6	110,2	722,9	189,2	2 341,5	700,8	4,3	**11 809,8**

Tableau 3.2.2.1 (suite)

Compte physique de couverture terrestre, par région administrative, Québec méridional, différentes périodes

Région administrative	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
Centre-du-Québec											
Stock d'ouverture (1991)	km²	230,9	2 968,8	528,8	130,8	332,9	486,5	1 545,8	1 035,2	0,3	**7 260,0**
Augmentation	km²	29,2	103,4	34,6	1,8**	2,6**	148,4	116,9	419,2	0,0	**856,2**
Diminution	km²	2,2	94,6	19,9	29,3	0,3**	71,7	430,8	207,3	0,1	**856,2**
Changement net	**km²**	**27,1**	**8,8**	**14,8**	**−27,5**	**2,3****	**76,7**	**−313,9**	**211,9**	**0,0**	**0,0**
	%	11,7	0,3	2,8	−21,0	0,7*	15,8	−20,3	20,5	−9,5	
Stock de fermeture (2006)	km²	258,0	2 977,6	543,5	103,3	335,1	563,1	1 231,9	1 247,1	0,3	**7 260,0**

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Pour les régions du Bas-Saint-Laurent, de la Côte-Nord et de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine, la superficie des plans et des cours d'eau intérieure comprend l'étendue d'eau du fleuve ou du golfe du Saint-Laurent comprise dans la région. L'étendue d'eau correspondant au golfe du Saint-Laurent pour la Côte-Nord exclut la superficie qui se trouve à l'intérieur de la MRC du Golfe-du-Saint-Laurent, puisque le territoire d'étude (aire commune aux 3e et 4e inventaires écoforestiers) n'inclut pas cette MRC.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.2

Matrice des changements de couverture terrestre, région du Bas-Saint-Laurent (1993-2004)

	Stock d'ouverture (superficie en 1993)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2004)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	309,3		3,4	0,9*	3,8	−0,1	1,1*	1,7	4,2	0,0	**15,2**	324,5
Terres agricoles	2 413,9	−3,4		−0,7	0,2	−0,1	−87,0	−8,7	−43,2	0,0	**−142,8**	2 271,0
Milieux humides forestiers	1 138,3	−0,9*	0,7		22,6	0,2*	9,4	3,4	6,4	0,1	**41,9**	1 180,2
Milieux humides herbacés ou arbustifs	240,7	−3,8	−0,2	−22,6		0,5*	−0,4*	−0,7	−1,2	−0,4**	**−29,0**	211,7
Plans et cours d'eau intérieure	6 195,2	0,1	0,1	−0,2*	−0,5*		0,0	0,0	0,3*	−0,1	**−0,4****	6 194,8
Forêts de conifères à couvert fermé	6 395,7	−1,1*	87,0	−9,4	0,4*	0,0		1,5	−384,6	−0,1*	**−306,1**	6 089,6
Forêts de feuillus à couvert fermé	4 067,8	−1,7	8,7	−3,4	0,7	0,0	−1,5		−353,5	0,0	**−350,8**	3 717,0
Forêts mixtes à couvert fermé	7 580,8	−4,2	43,2	−6,4	1,2	−0,3*	384,6	353,5		−0,3*	**771,3**	8 352,1
Forêts à couvert ouvert	54,3	0,0	0,0	−0,1	0,4**	0,1	0,1*	0,0	0,3*		**0,9****	55,2

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.3

Matrice des changements de couverture terrestre, région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, 89 % du territoire (1995-2008)

	Stock d'ouverture (superficie en 1995)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2008)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	454,0		9,2	0,5*	10,9	0,0*	18,9	2,2	9,1	0,7	**51,5**	505,5
Terres agricoles	1 575,1	−9,2		0,2	22,1	0,0	−12,6	−2,7	−41,4	−0,4	**−43,9**	1 531,1
Milieux humides forestiers	2 996,3	−0,5*	−0,2		55,2	0,0*	185,4	6,7	16,5	3,3	**266,4**	3 262,7
Milieux humides herbacés ou arbustifs	5 140,5	−10,9	−22,1	−55,2		4,5*	−55,8	−5,1	−4,8*	32,8**	**−116,4****	5 024,1
Plans et cours d'eau intérieure	9 352,7	0,0*	0,0	0,0*	−4,5*		14,2*	1,3*	7,6*	−0,6*	**18,0****	9 370,7
Forêts de conifères à couvert fermé	51 423,7	−18,9	12,6	−185,4	55,8	−14,2*		5,5	604,3	607,9	**1 067,6**	52 491,4
Forêts de feuillus à couvert fermé	5 175,6	−2,2	2,7	−6,7	5,1	−1,3*	−5,5		−1 266,2	0,4	**−1 273,8**	3 901,8
Forêts mixtes à couvert fermé	16 310,4	−9,1	41,4	−16,5	4,8*	−7,6*	−604,3	1 266,2		3,8	**678,6**	16 989,0
Forêts à couvert ouvert	2 034,5	−0,7	0,4	−3,3	−32,8**	0,6*	−607,9	−0,4	−3,8		**−647,9**	1 386,6

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.4

Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Capitale-Nationale (1990-2002)

	Stock d'ouverture (superficie en 1990)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2002)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	561,5		3,8	0,4	0,1	–0,7*	4,0	6,4	12,5	–0,1	**26,5**	588,0
Terres agricoles	871,4	–3,8		–0,5	–0,3	–0,1	–14,6	–3,7	–30,5	0,0	**–53,4**	818,0
Milieux humides forestiers	444,0	–0,4	0,5		2,4*	0,1	7,5	1,4	7,4	0,0	**18,8**	462,9
Milieux humides herbacés ou arbustifs	367,5	–0,1	0,3	–2,4*		0,7*	1,3*	–0,8	–0,3*	1,0**	**–0,3****	367,2
Plans et cours d'eau intérieure	2 290,1	0,7*	0,1	–0,1	–0,7*		0,0	0,2*	0,8*	0,0	**1,0****	2 291,1
Forêts de conifères à couvert fermé	5 829,3	–4,0	14,6	–7,5	–1,3*	0,0		12,6	–183,7	2,0*	**–167,3**	5 662,0
Forêts de feuillus à couvert fermé	3 396,9	–6,4	3,7	–1,4	0,8	–0,2*	–12,6		–606,0	–0,2	**–622,3**	2 774,5
Forêts mixtes à couvert fermé	7 031,9	–12,5	30,5	–7,4	0,3*	–0,8*	183,7	606,0		2,5	**802,4**	7 834,3
Forêts à couvert ouvert	173,2	0,1	0,0	0,0	–1,0**	0,0	–2,0*	0,2	–2,5		**–5,3***	167,9

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.5

Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Mauricie (1997-2008)

	Stock d'ouverture (superficie en 1997)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2008)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	354,9		1,5	−0,2*	0,1	0,0	5,1	5,2	5,7	0,0	**17,4**	372,3
Terres agricoles	1 041,7	−1,5		−0,1	1,0	−0,1	−8,3	−0,8	−14,7	0,0	**−24,5**	1 017,3
Milieux humides forestiers	1 302,5	0,2*	0,1		22,7	0,2	36,7	1,5	15,2	0,0	**76,6**	1 379,1
Milieux humides herbacés ou arbustifs	1 664,0	−0,1	−1,0	−22,7		7,1*	0,5*	−1,7	0,0*	0,8**	**−17,0****	1 647,0
Plans et cours d'eau intérieure	4 397,0	0,0	0,1	−0,2	−7,1*		0,3*	0,3*	0,7*	−1,0*	**−7,0****	4 390,0
Forêts de conifères à couvert fermé	11 194,4	−5,1	8,3	−36,7	−0,5*	−0,3*		−25,3	−186,9	4,1	**−242,5**	10 952,0
Forêts de feuillus à couvert fermé	6 284,6	−5,2	0,8	−1,5	1,7	−0,3*	25,3		−286,0	0,1	**−265,2**	6 019,4
Forêts mixtes à couvert fermé	13 609,1	−5,7	14,7	−15,2	0,0*	−0,7*	186,9	286,0		0,5	**466,5**	14 075,6
Forêts à couvert ouvert	54,0	0,0	0,0	0,0	−0,8**	1,0*	−4,1	−0,1	−0,5		**−4,4**	49,6

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.6

Matrice des changements de couverture terrestre, région de l'Estrie (1995-2007)

	Stock d'ouverture (superficie en 1995)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2007)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	343,0		8,5	0,5	0,1	−0,5*	1,0*	9,9	12,1	0,0	**31,7**	374,7
Terres agricoles	1 813,7	−8,5		−2,6	−0,3	−0,1	−106,8	−0,5	3,9	0,0	**−115,0**	1 698,7
Milieux humides forestiers	586,7	−0,5	2,6		2,8*	0,1	0,6	4,7	8,2	0,0	**18,5**	605,2
Milieux humides herbacés ou arbustifs	145,0	−0,1	0,3	−2,8*		1,0*	−0,6	−0,2*	0,1*	0,0	**−2,4****	142,6
Plans et cours d'eau intérieure	300,6	0,5*	0,1	−0,1	−1,0*		0,0	0,0	0,2	0,0	**−0,3****	300,4
Forêts de conifères à couvert fermé	1 142,5	−1,0*	106,8	−0,6	0,6	0,0		11,1	−10,8	0,0	**106,0**	1 248,5
Forêts de feuillus à couvert fermé	3 020,5	−9,9	0,5	−4,7	0,2*	0,0	−11,1		−204,2	0,0	**−229,1**	2 791,4
Forêts mixtes à couvert fermé	3 151,4	−12,1	−3,9	−8,2	−0,1*	−0,2	10,8	204,2		0,0	**190,5**	3 341,9
Forêts à couvert ouvert	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		**0,0**	2,0

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.7

Matrice des changements de couverture terrestre, région de Montréal (1994-2007)

	Stock d'ouverture (superficie en 1994)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2007)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	435,8		2,6	2,0	0,0	−0,1	0,0	7,6*	0,4	0,0	**12,5***	448,3
Terres agricoles	14,3	−2,6		0,0	0,0	0,0	0,0	−2,6	0,0	0,0	**−5,3**	9,0
Milieux humides forestiers	6,4	−2,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	**−1,9**	4,5
Milieux humides herbacés ou arbustifs	0,1	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,1
Plans et cours d'eau intérieure	126,3	0,1	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	**0,1**	126,4
Forêts de conifères à couvert fermé	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,3
Forêts de feuillus à couvert fermé	39,2	−7,6*	2,6	−0,1	0,0	0,0	0,0		0,5	0,0	**−4,6**	34,6
Forêts mixtes à couvert fermé	2,2	−0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,5		0,0	**−0,9**	1,4
Forêts à couvert ouvert	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		**0,0**	0,0

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.8

Matrice des changements de couverture terrestre, région de l'Outaouais (1990-2003)

	Stock d'ouverture (superficie en 1990)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2003)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	281,3		11,0	0,4*	−0,1	0,1*	2,6	7,0	9,9	0,0	**30,9**	312,3
Terres agricoles	1 347,0	−11,0		−1,8	−0,6	0,0	−78,2	−9,1	−35,9	0,0	**−136,7**	1 210,4
Milieux humides forestiers	1 503,0	−0,4*	1,8		7,8	−0,2*	15,6	15,9	30,9	0,2	**71,6**	1 574,6
Milieux humides herbacés ou arbustifs	720,4	0,1	0,6	−7,8		4,9*	5,5	0,1*	2,0*	0,4**	**5,7***	726,0
Plans et cours d'eau intérieure	3 503,6	−0,1*	0,0	0,2*	−4,9*		0,1*	1,7*	1,2*	0,2	**−1,6****	3 502,0
Forêts de conifères à couvert fermé	3 184,5	−2,6	78,2	−15,6	−5,5	−0,1*		10,8	−157,4	0,0	**−92,0**	3 092,5
Forêts de feuillus à couvert fermé	12 428,1	−7,0	9,1	−15,9	−0,1*	−1,7*	−10,8		−1 682,9	−0,1	**−1 709,4**	10 718,7
Forêts mixtes à couvert fermé	11 069,0	−9,9	35,9	−30,9	−2,0*	−1,2*	157,4	1 682,9		0,2	**1 832,3**	12 901,2
Forêts à couvert ouvert	10,7	0,0	0,0	−0,2	−0,4**	−0,2	0,0	0,1	−0,2		**−0,9**	9,8

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.9

Matrice des changements de couverture terrestre, région de l'Abitibi-Témiscamingue (1994-2005)

	Stock d'ouverture (superficie en 1994)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2005)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	310,0		1,6	2,9*	1,0	−0,5*	6,0	4,0	4,3*	0,1	**19,3***	329,3
Terres agricoles	1 658,5	−1,6		−4,3	−1,7	−0,1	−44,5	−7,0	−131,1	0,0	**−190,2**	1 468,3
Milieux humides forestiers	6 875,9	−2,9*	4,3		152,9	0,5*	116,8	15,8	40,3	0,0	**327,8**	7 203,7
Milieux humides herbacés ou arbustifs	6 017,5	−1,0	1,7	−152,9		1,1*	6,2	−21,4	−5,7*	2,0**	**−170,0**	5 847,5
Plans et cours d'eau intérieure	7 129,0	0,5*	0,1	−0,5*	−1,1*		0,2*	0,2*	0,5*	−0,1	**−0,2****	7 128,9
Forêts de conifères à couvert fermé	14 513,9	−6,0	44,5	−116,8	−6,2	−0,2*		24,6	170,4	1,2*	**111,4**	14 625,2
Forêts de feuillus à couvert fermé	10 390,6	−4,0	7,0	−15,8	21,4	−0,2*	−24,6		−2 096,6	1,2	**−2 111,5**	8 279,1
Forêts mixtes à couvert fermé	17 451,0	−4,3*	131,1	−40,3	5,7*	−0,5*	−170,4	2 096,6		0,2*	**2 018,1**	19 469,1
Forêts à couvert ouvert	226,2	−0,1	0,0	0,0	−2,0**	0,1	−1,2*	−1,2	−0,2*		**−4,6****	221,6

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.10

Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Côte-Nord, 25% du territoire (1999-2013)

	Stock d'ouverture (superficie en 1999)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2013)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	398,8		0,1	−0,9*	8,6	−1,0*	8,8	0,2*	1,1*	1,4	**18,3***	417,1
Terres agricoles	53,9	−0,1		0,0	0,9	−0,1	−0,2	−0,3	−2,5	0,0***	**−2,2**	51,7
Milieux humides forestiers	1 144,7	0,9*	0,0		5,3*	−0,3*	20,5	1,3	3,4	−0,2	**30,9**	1 175,5
Milieux humides herbacés ou arbustifs	2 992,8	−8,6	−0,9	−5,3*		6,8*	1,8*	−0,7	1,1*	−86,2**	**−92,0****	2 900,8
Plans et cours d'eau intérieure	46 640,2	1,0*	0,1	0,3*	−6,8*		31,2*	0,6*	4,2*	−1,6*	**29,0****	46 669,2
Forêts de conifères à couvert fermé	31 189,4	−8,8	0,2	−20,5	−1,8*	−31,2*		−61,4	531,1	31,9	**439,4**	31 628,8
Forêts de feuillus à couvert fermé	1 622,7	−0,2*	0,3	−1,3	0,7	−0,6*	61,4		−31,7	0,1	**28,7**	1 651,4
Forêts mixtes à couvert fermé	6 909,9	−1,1*	2,5	−3,4	−1,1*	−4,2*	−531,1	31,7		0,5	**−506,2**	6 403,7
Forêts à couvert ouvert	2 880,3	−1,4	0,0***	0,2	86,2**	1,6*	−31,9	−0,1	−0,5		**54,1**	2 934,4

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

*** Estimation corrigée manuellement.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.11

Matrice des changements de couverture terrestre, région du Nord-du-Québec, 9% du territoire (1996-2011)

	Stock d'ouverture (superficie en 1996)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2011)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	267,7		0,0	−0,3*	0,6	−0,1*	9,3	−0,1*	0,9*	1,0	**11,3***	279,1
Terres agricoles	35,1	0,0		0,0	−0,1	0,0	−1,4	−2,1	−5,7	0,0	**−9,3**	25,7
Milieux humides forestiers	12 436,5	0,3*	0,0		204,6	0,3*	172,5	4,5	23,8	3,1	**409,0**	12 845,5
Milieux humides herbacés ou arbustifs	15 457,0	−0,6	0,1	−204,6		4,9*	−74,9	−1,3	−3,8	18,9**	**−261,2***	15 195,8
Plans et cours d'eau intérieure	8 248,7	0,1*	0,0	−0,3*	−4,9*		0,2*	0,1	0,2*	0,0	**−4,6****	8 244,1
Forêts de conifères à couvert fermé	32 725,6	−9,3	1,4	−172,5	74,9	−0,2*		−56,5	474,6	228,7	**541,1**	33 266,7
Forêts de feuillus à couvert fermé	1 708,0	0,1*	2,1	−4,5	1,3	−0,1	56,5		221,9	3,8	**281,2**	1 989,2
Forêts mixtes à couvert fermé	7 523,3	−0,9*	5,7	−23,8	3,8	−0,2*	−474,6	−221,9		9,2	**−702,8**	6 820,5
Forêts à couvert ouvert	884,3	−1,0	0,0	−3,1	−18,9**	0,0	−228,7	−3,8	−9,2		**−264,7**	619,6

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.12

Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine (1992-2004)

	Stock d'ouverture (superficie en 1992)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2004)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	198,9		2,3	0,4	0,0	–0,4*	1,9*	0,6	2,5*	0,0	**7,3***	206,2
Terres agricoles	382,2	–2,3		–0,1	–0,4	0,0	–32,7	–5,0	–12,8	–0,4	**–53,6**	328,6
Milieux humides forestiers	275,8	–0,4	0,1		2,9	0,1	–0,4	–1,9	–3,1	0,0	**–2,7**	273,1
Milieux humides herbacés ou arbustifs	126,6	0,0	0,4	–2,9		3,4*	0,1*	–1,6	–0,6*	0,8**	**–0,4****	126,2
Plans et cours d'eau intérieure	57 884,4	0,4*	0,0	–0,1	–3,4*		0,1	–0,1	0,2*	–8,2*	**–11,2****	57 873,2
Forêts de conifères à couvert fermé	8 351,2	–1,9*	32,7	0,4	–0,1*	–0,1		–21,6	–500,0	0,1*	**–490,6**	7 860,6
Forêts de feuillus à couvert fermé	2 294,5	–0,6	5,0	1,9	1,6	0,1	21,6		–212,1	0,8	**–181,6**	2 112,9
Forêts mixtes à couvert fermé	8 260,4	–2,5*	12,8	3,1	0,6*	–0,2*	500,0	212,1		0,7*	**726,6**	8 987,0
Forêts à couvert ouvert	199,4	0,0	0,4	0,0	–0,8**	8,2*	–0,1*	–0,8	–0,7*		**6,3***	205,7

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.13

Matrice des changements de couverture terrestre, région de Chaudière-Appalaches (1990-2003)

	Stock d'ouverture (superficie en 1990)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2003)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (11102)		
Surfaces artificielles	472,2		10,2	1,5	1,4	−1,3*	4,7	5,0	12,4	0,0	**34,0**	506,2
Terres agricoles	3 260,7	−10,2		6,2	−5,3	−0,2*	−141,7*	1,7	−11,5	−0,1	**−161,0***	3 099,7
Milieux humides forestiers	874,3	−1,5	−6,2		7,3	0,0	−2,4	0,5	1,2	0,0	**−1,2**	873,1
Milieux humides herbacés ou arbustifs	359,7	−1,4	5,3	−7,3		0,1*	−1,3*	−1,6	−5,7	−0,1	**−12,2***	347,6
Plans et cours d'eau intérieure	1 044,9	1,3*	0,2*	0,0	−0,1*		0,0	0,0	0,1	0,0	**1,5****	1 046,4
Forêts de conifères à couvert fermé	2 321,5	−4,7	141,7*	2,4	1,3*	0,0		21,2	140,6	0,0	**302,6***	2 624,1
Forêts de feuillus à couvert fermé	2 734,6	−5,0	−1,7	−0,5	1,6	0,0	−21,2		−298,6	0,1	**−325,3**	2 409,3
Forêts mixtes à couvert fermé	5 058,3	−12,4	11,5	−1,2	5,7	−0,1	−140,6	298,6		0,0	**161,6**	5 219,8
Forêts à couvert ouvert	2,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	−0,1	0,0		**0,0**	2,4

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.14

Matrice des changements de couverture terrestre, région de Laval (1994-2007)

	Stock d'ouverture (superficie en 1994)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2007)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	128,2		10,9	2,0	0,0	0,1	0,0	9,9*	0,5	0,0	**23,4***	151,7
Terres agricoles	58,0	−10,9		0,1	0,0	0,0	−0,3	−3,3	0,1	0,0	**−14,4**	43,7
Milieux humides forestiers	9,0	−2,0	−0,1		0,0	0,0	0,0	−0,5	0,0	0,0	**−2,5**	6,5
Milieux humides herbacés ou arbustifs	0,1	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,0
Plans et cours d'eau intérieure	20,6	−0,1	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	**−0,1**	20,6
Forêts de conifères à couvert fermé	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	**0,3**	0,6
Forêts de feuillus à couvert fermé	46,9	−9,9*	3,3	0,5	0,0	0,0	0,0		0,9	0,0	**−5,3**	41,6
Forêts mixtes à couvert fermé	3,5	−0,5	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,9		0,0	**−1,5**	2,0
Forêts à couvert ouvert	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		**0,0**	0,0

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.15

Matrice des changements de couverture terrestre, région de Lanaudière (1995-2008)

	Stock d'ouverture (superficie en 1995)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2008)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	389,0		16,4	1,9	0,9	−0,1*	1,3*	12,7	11,3	0,0	**44,4**	433,4
Terres agricoles	1 322,7	−16,4		2,6	1,4	−0,2*	−2,4	1,3	−5,2	0,0	**−18,9**	1 303,8
Milieux humides forestiers	445,4	−1,9	−2,6		15,2	−0,1	14,2	2,2	13,9	0,0	**40,8**	486,2
Milieux humides herbacés ou arbustifs	273,4	−0,9	−1,4	−15,2		0,3*	0,5**	−1,9	0,0*	0,1	**−18,5***	254,9
Plans et cours d'eau intérieure	1 173,4	0,1*	0,2*	0,1	−0,3*		0,0	0,3*	0,2*	0,0	**0,7****	1 174,0
Forêts de conifères à couvert fermé	1 412,8	−1,3*	2,4	−14,2	−0,5**	0,0		3,9	164,1	0,0	**154,5**	1 567,3
Forêts de feuillus à couvert fermé	3 506,1	−12,7	−1,3	−2,2	1,9	−0,3*	−3,9		201,0	0,0	**182,4**	3 688,6
Forêts mixtes à couvert fermé	4 973,2	−11,3	5,2	−13,9	0,0*	−0,2*	−164,1	−201,0		0,0	**−385,3**	4 587,9
Forêts à couvert ouvert	11,5	0,0	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0		**−0,2**	11,3

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.16

Matrice des changements de couverture terrestre, région des Laurentides (1991-2005)

	Stock d'ouverture (superficie en 1991)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2005)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	532,3		8,2	1,1*	0,6	0,1*	3,2	23,6	20,5	0,1	**57,5**	589,7
Terres agricoles	946,5	−8,2		0,9	−0,4	0,0	−19,5	−1,1	−5,7	0,0	**−34,0**	912,4
Milieux humides forestiers	727,9	−1,1*	−0,9		15,4	−0,1	10,3	7,7	22,1	0,0	**53,4**	781,3
Milieux humides herbacés ou arbustifs	449,7	−0,6	0,4	−15,4		−0,1*	0,2*	−1,6	−1,2*	−0,1	**−18,3***	431,4
Plans et cours d'eau intérieure	1 911,3	−0,1*	0,0	0,1	0,1*		0,0	0,2*	0,0*	0,0	**0,3****	1 911,6
Forêts de conifères à couvert fermé	2 325,0	−3,2	19,5	−10,3	−0,2*	0,0		1,9	−85,3	0,2	**−77,5**	2 247,5
Forêts de feuillus à couvert fermé	8 803,7	−23,6	1,1	−7,7	1,6	−0,2*	−1,9		−1 282,0	0,0	**−1 312,7**	7 491,0
Forêts mixtes à couvert fermé	6 807,3	−20,5	5,7	−22,1	1,2*	0,0*	85,3	1 282,0		0,1	**1 331,7**	8 138,9
Forêts à couvert ouvert	6,1	−0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	−0,2	0,0	−0,1		**−0,3**	5,8

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.17

Matrice des changements de couverture terrestre, région de la Montérégie (1994-2009)

	Stock d'ouverture (superficie en 1994)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2009)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	969,1		40,2	4,8	0,4	−0,4*	0,7*	46,5	7,4	0,1	**99,6**	1 068,7
Terres agricoles	6 290,1	−40,2		19,6	5,5	−0,3*	−5,1	48,3	−4,0	0,0	**23,6**	6 313,7
Milieux humides forestiers	370,8	−4,8	−19,6		6,7	0,0	0,1	3,9	1,4	0,0	**−12,2**	358,6
Milieux humides herbacés ou arbustifs	123,8	−0,4	−5,5	−6,7		0,6*	0,0	−1,0	−0,4	−0,3**	**−13,6**	110,2
Plans et cours d'eau intérieure	722,5	0,4*	0,3*	0,0	−0,6*		0,0	0,1	0,1	0,0	**0,4****	722,9
Forêts de conifères à couvert fermé	198,0	−0,7*	5,1	−0,1	0,0	0,0		0,9	−14,1	0,0	**−8,8**	189,2
Forêts de feuillus à couvert fermé	2 297,6	−46,5	−48,3	−3,9	1,0	−0,1	−0,9		142,4	0,2	**43,8**	2 341,5
Forêts mixtes à couvert fermé	833,5	−7,4	4,0	−1,4	0,4	−0,1	14,1	−142,4		0,0	**−132,7**	700,8
Forêts à couvert ouvert	4,3	−0,1	0,0	0,0	0,3**	0,0	0,0	−0,2	0,0		**−0,1**	4,3

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

Tableau 3.2.2.18

Matrice des changements de couverture terrestre, région du Centre-du-Québec (1991-2006)

	Stock d'ouverture (superficie en 1991)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2006)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	230,9		4,3	0,7*	3,7	−0,2*	0,2*	14,8	3,6	0,0	**27,1**	258,0
Terres agricoles	2 968,8	−4,3		13,1	9,0	−0,1	−36,5	30,4	−2,7	0,0	**8,8**	2 977,6
Milieux humides forestiers	528,8	−0,7*	−13,1		11,6	−0,3*	0,9	11,8	4,6	0,1	**14,8**	543,5
Milieux humides herbacés ou arbustifs	130,8	−3,7	−9,0	−11,6		−1,2*	−1,5	0,1	−0,6	0,0	**−27,5**	103,3
Plans et cours d'eau intérieure	332,9	0,2*	0,1	0,3*	1,2*		0,1	0,1	0,2	0,0	**2,3****	335,1
Forêts de conifères à couvert fermé	486,5	−0,2*	36,5	−0,9	1,5	−0,1		19,9	19,8	0,0	**76,7**	563,1
Forêts de feuillus à couvert fermé	1 545,8	−14,8	−30,4	−11,8	−0,1	−0,1	−19,9		−236,9	0,0	**−313,9**	1 231,9
Forêts mixtes à couvert fermé	1 035,2	−3,6	2,7	−4,6	0,6	−0,2	−19,8	236,9		0,0	**211,9**	1 247,1
Forêts à couvert ouvert	0,3	0,0	0,0	−0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		**0,0**	0,3

* Estimation imprécise.

** Estimation peu fiable.

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017.

CONCLUSION

Le compte physique de couverture terrestre et la matrice des changements de couverture terrestre, qui agrègent les données des comptes des terres, fournissent des statistiques sur l'évolution de la couverture terrestre dans le Québec méridional au cours de la période s'étant écoulée entre les années 1990 et les années 2000. Par rapport aux tendances globales, le territoire de certaines régions administratives a subi d'importants changements de couverture terrestre. Par exemple, la superficie de 528 km^2 que les surfaces artificielles ont gagnée dans l'ensemble du territoire d'étude au cours de cette période, qui correspond à une augmentation de 8 %, est distribuée de façon inégale entre les régions administratives, les surfaces artificielles de la région de Laval ayant notamment augmenté de 18 % entre 1994 et 2007.

Dans les régions de Montréal et Laval, cette croissance des surfaces artificielles a pour pendant un taux de disparition des terres agricoles de 1,4 % par année entre 1994 et 2007, en plus de la superficie des terres agricoles perdue au profit des forêts à couvert fermé. Par ailleurs, alors que la superficie des milieux humides forestiers augmente dans presque toutes les régions, surtout au détriment des forêts, elle diminue à l'intérieur du territoire de la Montérégie, où près de 20 km^2 de ces milieux humides ont cédé la place aux terres agricoles. De même, les forêts à couvert fermé ont perdu respectivement une superficie de 39 km^2 et 9 km^2 au détriment des terres agricoles dans les régions de la Montérégie et du Centre-du-Québec. Globalement, les forêts de feuillus à couvert fermé ont été remplacées par des forêts mixtes sur près de 8 000 km^2 de territoire.

Ces résultats découlent d'un nouveau produit cartographique constitué de deux cartes de couverture terrestre du Québec méridional établies pour les années 1990 et 2000. Ces cartes sont le résultat de l'intégration des données du 3e et 4e inventaire écoforestier du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). À cet égard, l'exercice méthodologique prédominant a consisté à rendre ces deux cartes comparables par une approche de validation originale axée sur les secteurs où la cartographie des deux inventaires différait. L'information des cartes de couverture terrestre a ensuite été reportée dans une grille aux 50 m avant d'être compilée pour produire les tableaux de données. Le cadre méthodologique a été élaboré avec l'aide d'un groupe interministériel de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional.

La valeur ajoutée du projet de comptes des terres provient du fait qu'il applique une méthodologie de création des comptes des terres à partir de données spatiales existantes de haute résolution et qu'il met de l'avant une infrastructure statistique géoréférencée conforme aux normes internationales. La classification de la couverture terrestre proposée pour le Québec concorde avec celle du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE) et le système de grilles est compatible avec le concept de l'unité spatiale élémentaire des Comptes expérimentaux des écosystèmes du SCEE (United Nations et autres, 2014 : 25). Les unités spatiales des comptes des terres pourront servir de base à la création de comptes des écosystèmes pour le Québec. De plus, le projet de comptes des terres du Québec méridional consolide l'engagement de l'Institut de la statistique du Québec à poursuivre l'élaboration des comptes de l'environnement pour le Québec, puisqu'il en est le premier jalon.

Les comptes de l'environnement forment un système intégré de mesure environnementale et économique du capital naturel. Ils permettent de produire des indicateurs et des analyses qui peuvent éclairer les enjeux multisectoriels relatifs à la promotion du développement durable et de l'économie verte, à la conservation de la biodiversité et à la lutte contre les changements climatiques ainsi qu'à l'aménagement durable du territoire et à la gestion écosystémique des ressources. Ils permettent d'appuyer la prise de décisions stratégiques et d'assurer le suivi des politiques et orientations gouvernementales. Leur portée s'étend à toutes politiques sociales, éco-

nomiques ou environnementales qui sont vulnérables à la raréfaction et à la dégradation du capital naturel[1]. Sur le plan statistique, un des rôles du système de comptabilité, auquel les balances d'estimation sont inhérentes, est de localiser avec précision les lacunes dans les données (United Nations et autres, 2014 : 8-9).

Dans le contexte de la comptabilité environnementale et économique, le rôle de l'Institut consistera notamment à veiller à l'application des normes en matière de concepts et de classifications et d'assurer la qualité statistique. Cependant, l'élaboration des comptes de l'environnement dépendra de la coordination des ministères et organismes du gouvernement dont les missions se rapportent à l'environnement, l'agriculture, les forêts et les pêcheries, ainsi qu'à l'information géographique et géospatiale. Pour ce qui est des comptes des terres, les premières données du 5e inventaire écoforestier devraient être rendues disponibles en 2019, ce qui permettra la production d'estimations des changements de couverture terrestre pour une période plus récente. Voir l'avis de révision.

1. Voir THE WORLD BANK (2017). *Better Policy through Natural Capital Accounting: Stocktaking and Ways Forward, 7th WAVES Annual Partnership Meeting Edition*, 234 p., [En ligne]. [www.wavespartnership.org/en/knowledge-center/better-policy-through-natural-capital-accounting-stocktaking-and-ways-forward-7th] (Consulté le 4 octobre 2017).

Annexe I

MÉTHODOLOGIE DÉTAILLÉE

Cette annexe décrit étape par étape la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional, en complément du chapitre 2 qui présente le cadre méthodologique général. Cette méthodologie, élaborée par l'Institut, résulte d'une révision de la méthodologie définie dans le cadre du projet pilote pour la région administrative de Chaudière-Appalaches[1]. La réalisation du projet pilote avait mené à la proposition d'améliorations méthodologiques pour réduire les erreurs ou les imprécisions dans les estimations. Les statistiques des comptes des terres du Québec méridional produites grâce à la méthodologie révisée sont plus fiables. Elles mesurent les changements de couverture terrestre de deux hectares (ha) ou plus entre la décennie des années 1990 et celle des années 2000. À noter que les explications contenues dans cette annexe seront plus faciles à comprendre pour le lecteur qui connaît la géomatique.

À la différence de ce qui avait été fait dans le projet pilote, la méthodologie révisée n'utilise que les données des 3e et 4e inventaires écoforestiers (en plus de données auxiliaires pour la correction et la validation). Les données écoforestières servent à produire deux représentations de la couverture terrestre au début (années 1990) et à la fin de la période (années 2000). Ce choix simplifie la méthodologie, ainsi que l'interprétation des statistiques. Par ailleurs, la méthodologie révisée s'attaque d'emblée au problème de comparabilité entre les cartes des deux inventaires en corrigeant les changements improbables (section 2.6). Le travail de révision de la méthodologie a bénéficié des réflexions et des discussions du Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional.

La première étape du travail a été de revoir les assises méthodologiques du projet pilote. Notamment, le modèle décisionnel pour la classification des données a été simplifié pour refléter le fait que seules les données écoforestières sont utilisées. De plus, la nouvelle structure géographique et statistique des comptes des terres repose sur une grille avec des cellules de 50 m de côté (2 500 m²), davantage en conformité avec la précision des cartes écoforestières. La création des couches de couverture terrestre pour le début (*t0*) et la fin de la période (*t1*) forme la première étape d'élaboration du système d'information géographique (SIG) des comptes des terres. Ces couches, une fois corrigées et ajustées, constitueront le contenu des comptes des terres. L'ajustement ou la mise à jour des couches de couverture terrestre découle d'une importante étape de validation de la couche des changements, résultat de l'intersection de ces premières.

La grille aux 50 m a servi à pixéliser les couches de couverture terrestre mises à jour : elle entrepose l'information sur la couverture qui domine dans chaque cellule. Dans la base de données, la table associée aux fichiers de la grille apparie l'identifiant d'une cellule à la classe de couverture dominante au début et à la fin de la période. Les opérations réalisées à partir de cette table permettent d'estimer la superficie par classe de couverture terrestre à *t0* et à *t1*, ainsi que le changement d'un type de couverture donné vers un autre, pour dériver le compte physique de couverture terrestre et la matrice des changements de couverture terrestre par région administrative et par province naturelle. ArcGIS Desktop, licence avancée, est le principal logiciel utilisé pour la production du SIG des comptes des terres. Les logiciels SAGA GIS[2] et FME, édition Desktop Professional, de Safe Software, sont aussi utilisés pour effectuer certaines opérations. La quasi-totalité de la méthodologie a été automatisée à l'aide de l'application ModelBuilder d'ArcGIS.

1. UHDE et LEBLANC (2014), chapitres 2 et 4, et section 6.1.
2. SAGA GIS est un logiciel au code source libre. Il est disponible gratuitement en ligne. [www.saga-gis.org/en/index.html] (Consulté le 24 janvier 2017).

AI.1 REVOIR LES ASSISES MÉTHODOLOGIQUES

Les assises méthodologiques des comptes des terres du Québec méridional procèdent de celles établies dans le cadre du projet pilote. Les comptes des terres reposent sur des choix méthodologiques quant à la projection cartographique, à la façon de classifier les données écoforestières selon la couverture terrestre et au système de grilles. La projection cartographique et la classification de la couverture terrestre sont à peu près inchangées par rapport au projet pilote. Les données géographiques des comptes des terres du Québec méridional sont projetées selon la projection équivalente d'Albers, qui minimise le biais dans la mesure des superficies. La projection utilise le Système de référence géodésique nord-américain de 1983 (NAD83), avec les paramètres de la projection conique conforme de Lambert pour le Québec[3] :

Longitude d'origine : 68,5°

Latitude d'origine : 44,0°

Parallèle 1 : 46,0°

Parallèle 2 : 60,0°

Système de référence géodésique : NAD83

Ellipsoïde : GRS80

La méthodologie des comptes des terres du Québec méridional utilise la classification simplifiée de la couverture terrestre élaborée dans le cadre du projet pilote (tableau 2.4.1, p. 39). Celle-ci découle de la classification complète de la couverture terrestre du Québec (annexe II, p. 153). La classification simplifiée a été créée parce que les données du 3e inventaire écoforestier ne permettent pas de distinguer toutes les classes de couverture terrestre. Les classes « Pas de données » et « En attente de traitement » ont été ajoutées à la classification simplifiée. La première reflète le fait que les données écoforestières ne procurent pas partout d'indication de la couverture terrestre. Notamment, l'hypothèse du projet pilote selon laquelle les îles de moins d'un hectare – dont les attributs ne renseignent pas sur la couverture terrestre – étaient des surfaces de forêt pouvait donner lieu à de faux changements. La classe « En attente de traitement » sert à tenir compte du fait que la carte du 4e inventaire écoforestier n'est pas entièrement achevée.

Pour systématiser la classification des polygones de la carte du 3e et du 4e inventaire écoforestier, un modèle décisionnel a été dérivé de celui qui avait été construit dans le cadre du projet pilote[4]. Le fait que les cartes de couverture terrestre sont dorénavant constituées uniquement à partir des cartes écoforestières a conduit à une simplification du modèle décisionnel (figure 2.5.1, p. 41). Les polygones des cartes écoforestières sont classifiés selon la catégorie des attributs « Code de terrain », « Code de la classe de drainage », « Code du type de couvert », « Code du type écologique » et « Numéro du programme d'inventaire ». Par rapport au projet pilote, le code de la classe de drainage remplace le code du milieu physique du type écologique, car il est plus fiable que ce dernier, lequel est dérivé du dépôt de surface et de la classe de drainage[5]. Le modèle décisionnel résume les règles de classification suivantes :

- Les polygones dont le code de terrain indique une « île de moins d'un hectare » ou un « territoire non photo-interprété », ainsi que ceux dont aucune spécification n'est donnée quant au code de terrain, au type de couvert et au type écologique, sont codés 000000, « Pas de données ».

3. Pour l'utilisation dans ArcGIS : *PROJCS["NAD_83_Quebec_Albers",GEOGCS["GCS_North_American_1983",DATUM["D_North_American_1983",SPHEROID["Geodetic_Reference_System_of_1980",6378137.0,298.257222100911 3]],PRIMEM["Greenwich",0.0],UNIT["Degree",0.0174532925199433]],PROJECTION["Albers"],PARAMETER["false_easting",0.0],PARAMETER["false_northing",0.0],PARAMETER["central_meridian",-68.5],PARAMETER["standard_parallel_1",46.0],PARAMETER["standard_parallel_2",60.0],PARAMETER["latitude_of_origin",44.0],UNIT["Meter",1.0]].*

4. Le rapport *Comptes des terres : région de Chaudière-Appalaches : projet pilote* décrit la façon dont les classifications complète et simplifiée de la couverture terrestre du Québec et le modèle décisionnel pour la classification ont été élaborés (UHDE et LEBLANC, 2014).

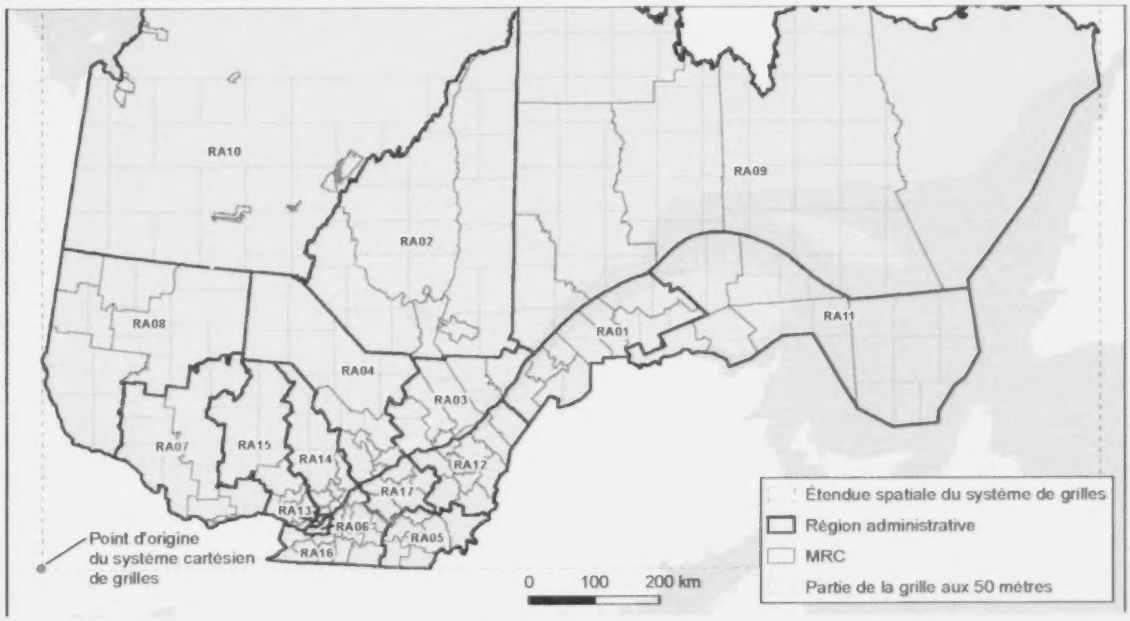
5. Marcel DARVEAU, Canards illimités Canada, communication personnelle.

- Les polygones dont le code de terrain est « EAU » sont codés 10, « Plans et cours d'eau intérieure ».
- Les polygones dont le code de terrain indique un « milieu perturbé par l'activité humaine[6] », une « gravière », une « route » ou une « ligne de transport d'énergie » sont codés 01, « Surfaces artificielles ».
- Les polygones dont le code de terrain indique une « terre agricole », une « terre agricole en milieu agroforestier » ou un « verger » sont codés 02, « Terres agricoles ».
- Les polygones dont le code de terrain indique une « aulnaie » ou un « dénudé et semi-dénudé humide » sont codés 07, « Milieux humides herbacés ou arbustifs ».
- Les polygones dont le code de terrain est non spécifié et dont le code de la classe de drainage indique un mauvais ou un très mauvais drainage sont codés 06, « Milieux humides forestiers ».
- De plus, les polygones dont le code de terrain est non spécifié (et qui ne sont pas des milieux humides forestiers) représentent des forêts à couvert fermé. Parmi ceux-ci, les polygones dont le code du type de couvert indique un couvert résineux sont codés 110101, « Forêts de conifères à couvert fermé » ; ceux dont le code du type de couvert indique un couvert feuillu sont codés 110102, « Forêts de feuillus à couvert fermé » ; ceux dont le code du type de couvert indique un couvert mélangé sont codés 110103, « Forêts mixtes à couvert fermé » ; ceux dont le type de couvert n'est pas spécifié et dont le code de végétation potentielle du type écologique indique un couvert résineux sont codés 110101, « Forêts de conifères à couvert fermé » ; ceux dont le type de couvert n'est pas spécifié et dont le code de végétation potentielle du type écologique indique un couvert feuillu sont codés 110102, « Forêts de feuillus à couvert fermé » ; ceux dont le type de couvert n'est pas spécifié et dont le code de végétation potentielle du type écologique indique un couvert mélangé sont codés 110103, « Forêts mixtes à couvert fermé ».
- Les polygones dont le code de terrain indique un « dénudé et semi-dénudé sec » sont codés 1102, « Forêts à couvert ouvert ».
- Enfin, pour ce qui est du 4e inventaire écoforestier, les polygones dont le numéro du programme d'inventaire indique des données du 3e inventaire sont codés 000001, « En attente de traitement ».

Les grilles qui sous-tendent la méthodologie des comptes des terres ont été construites selon un système similaire à celui du projet pilote. Une grille composée de polygones carrés de 1 000 m de côté (1 km²) qui couvre l'ensemble du Québec a été générée à l'aide d'ArcGIS. De manière à ce qu'elle coïncide géographiquement avec les entités de la grille aux 1 000 m, une grille avec des cellules de 50 m de côté (2 500 m²) a été produite par MRC ou par partie de MRC pour le sud du Québec. La grille aux 50 m a été produite par partie pour réduire la durée des traitements ; le nombre de cellules par fichier se limite à environ 3 millions. Les parties de la grille aux 50 m sont illustrées à la figure AI.1.1. Mises ensemble, les 312 parties de grille couvrent le territoire sans discontinuité et ne se chevauchent pas[7]. Les codes de la MRC et de la municipalité[8], ainsi qu'un identifiant unique qui s'inscrit dans un système d'axes cartésiens, tel qu'il est décrit à la section 2.7, ont été attribués à chaque cellule de la grille aux 1 000 m et aux 50 m[9].

6. Les milieux perturbés par l'activité humaine incluent les « milieux *fortement* perturbés par l'activité humaine (milieux physiques très perturbés) » et les « milieux *faiblement* perturbés par l'activité humaine (milieux physiques peu perturbés) ». Les milieux faiblement perturbés par l'activité humaine correspondent à des surfaces de couverture variée. La nature de leur couverture terrestre n'est pas connue avec précision.
7. Le système de grilles comporte environ 350 millions de cellules de 50 m de côté.
8. Une cellule fait partie de la MRC qui la recouvre à au moins 50 %. Lorsqu'une cellule chevauche plus de deux territoires, le territoire qui en recouvre la plus grande proportion lui est assigné.
9. Les parties de la grille aux 50 m sont définis selon le Système sur les découpages administratifs de mai 2014 (SDA de mai 2014) du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). Afin de produire des statistiques selon une version plus récente du SDA, l'appartenance des cellules de la grille aux MRC et aux municipalités selon le SDA de juin 2017 a été définie par la suite à l'intérieur des champs « CO_MRC_2017 » et « CO_MUN_2017 ». Cependant, les résultats statistiques selon le SDA de 2017 ne peuvent pas être générés à partir des *noms* des parties de grille, lesquels sont basés sur le SDA de 2014.

Figure AI.1.1
Carte des parties de la grille aux 50 m, sud du Québec



Sources : Institut de la statistique du Québec ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, mai 2014.

AI.2 PRÉPARER LES COUCHES INITIALES DE COUVERTURE TERRESTRE

Les couches de couverture terrestre du début (*t0*) et de la fin (*t1*) de la période sont créées respectivement à partir des cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier sur la base des assises méthodologiques décrites à la section précédente. Les cartes des inventaires écoforestiers sont d'abord transformées selon la projection d'Albers pour le Québec[10]. La structure des tables de données associées à chaque couche est ensuite nettoyée. Le tableau AI.2.1 présente les attributs des données écoforestières préservés pour la suite du projet. À l'intérieur de chacune des deux couches, les polygones adjacents dont les attributs ont une valeur identique sont fusionnés. En effet, les cartes des deux inventaires se présentent avec une scission le long des fuseaux MTM ou des limites des feuillets du Système national de référence cartographique (SNRC) du Canada. Le fractionnement d'un polygone qui représente en réalité une même entité de paysage se répercuterait sur la géométrie des polygones de changement.

Tableau AI.2.1

Attributs des données écoforestières préservés dans les couches de couverture terrestre

4e inventaire	3e inventaire	Description
ORIGINE	PER_CO_ORI	Code de perturbation d'origine
AN_ORIGINE	PER_AN_ORI	Année de la perturbation d'origine
PERTURB	PER_CO_MOY	Code de perturbation moyenne
AN_PERTURB	PER_AN_MOY	Année de la perturbation moyenne
REB_ESS1	-	Essence 1 reboisée
REB_ESS2	-	Essence 2 reboisée
REB_ESS3	-	Essence 3 reboisée
ET_DOMI	-	Étage dominant en surface terrière
PART_STR	PSC_CO	Code de particularité de la strate
TYPE_COUV	TCO_CO	Code du type de couvert
GR_ESS	GES_CO	Code du groupement d'essences
CL_DENS	CDE_CO	Code de la classe de densité
CL_HAUT	CHA_CO	Code de la classe de hauteur
CL_AGE	CAG_CO	Code de la classe d'âge
CL_PENT	CLP_CO	Code de la classe de pente
DEP_SUR	DSU_CO	Code du dépôt de surface
CL_DRAI	CDR_CO	Code de la classe de drainage
TYPE_ECO	TEC_CO_TEC	Code du type écologique
CO_TER	TER_CO	Code de terrain
TYPE_TER	-	Type de terrain
STRATE	-	Strate cartographique
MET_AT_STR	-	Méthode d'attribution de la strate du dernier événement
TOPONYME	TOPONYME	Nom du toponyme
NO_PRG	-	Numéro du programme d'inventaire
VER_PRG	-	Version du programme d'inventaire
IN_NAIPF	-	Indicateur de présence NAIPF[1]

1. Dans le cadre du 4e inventaire, la majorité du territoire a été décrit selon la « stratification écoforestière initiale », qui a fait place à la « nouvelle approche d'inventaire par peuplement forestier » (NAIPF) au cours de 2009, maintenant appelée « approche d'inventaire par peuplement forestier » (AIPF).

Note : La description des attributs est tirée du fichier *Fiche descriptive des attributs et de leurs domaines de valeurs* préparé par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). [En ligne]. [www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/couches-peuplements-ecoforestiers.xls] (Consulté le 24 janvier 2017).

10. De même, les couches des limites administratives du SDA ont été projetées selon la projection d'Albers pour le Québec.

De plus, puisque les cartes écoforestières ne couvrent pas certaines zones du fleuve Saint-Laurent et du golf, celles-ci sont comblées par des superficies en eau. Cette opération sert à obtenir deux cartes continues de couverture terrestre qui couvrent tout le territoire inclus dans les limites administratives de la partie sud du Québec[11]. Par la suite, la topologie des couches est vérifiée selon un seuil de 0,001 m. Les quelques erreurs (seulement contenues dans la couche issue du 3e inventaire) sont corrigées pour obtenir deux cartes qui respectent les règles de topologie. Enfin, de nouveaux champs sont ajoutés à la table de données associée à chacune des couches. Les champs « CL_COUV_T00 » et « CL_COUV_T01 » contiennent respectivement le code de la classe de couverture terrestre du début et de la fin de la période, attribué aux polygones conformément au modèle décisionnel de la figure 2.5.1 (p. 41). De plus, les champs « ID_T00_ORIG » et « ID_T01_ORIG » attribuent un identifiant unique aux polygones des couches initiales de couverture terrestre tels qu'ils existent avant la mise à jour des couches (section AI.8).

AI.3 CORRIGER LES COUCHES DE COUVERTURE TERRESTRE

Des corrections doivent être apportées aux champs « Code de terrain » et « CL_COUV_T00 » ou « CL_COUV_T01 » des deux couches initiales de couverture terrestre. Ces opérations reposent sur les attributs des données écoforestières ou sur des données auxiliaires, soit la *Cartographie des types de cultures* de 2011 d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) ainsi que les images satellites de Google Earth Pro. La première méthode cible les erreurs qui peuvent survenir lors de la saisie des catégories « Dénudés et semi-dénudés humides » et « Dénudés et semi-dénudés secs » du code de terrain. Dans les comptes des terres, ces terrains sont classés respectivement comme « Milieux humides herbacés ou arbustifs » et « Forêts à couvert ouvert » (section AI.3.1). Les deux autres méthodes corrigent la classification inexacte des bleuetières ou des champs de canneberges que l'inventaire écoforestier considère comme des « milieux faiblement perturbés par l'activité humaine » (sections AI.3.2 et AI.3.3). Ces terrains, qui devraient faire partie de la classe des « Terres agricoles », se retrouvent classés comme « Surfaces artificielles » selon le modèle décisionnel de la figure 2.5.1 (p. 41).

AI.3.1 Correction des catégories « Dénudés et semi-dénudés »

Cette méthode corrige des erreurs de saisie entre les catégories « Dénudés et semi-dénudés humides » (« DH ») et « Dénudés et semi-dénudés secs » (« DS ») du code de terrain, en se servant d'autres attributs des données écoforestières. Puisque ces terrains sont classés respectivement comme « Milieux humides herbacés ou arbustifs » et « Forêts à couvert ouvert », ces erreurs de saisie contribuent à surestimer les changements, improbables, d'une de ces deux classes à l'autre. Or, selon l'avis d'un spécialiste de la Direction des inventaires forestiers du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), les dénudés et semi-dénudés humides ou secs sont incompatibles avec certains types de dépôts de surface et certaines classes de drainage[12]. Ces erreurs peuvent donc être relevées et corrigées par la sélection des entités de la couche qui combinent la désignation d'un « dénudé et semi-dénudé » humide ou sec et les codes incompatibles du dépôt de surface et de la classe de drainage (encadré AI.3.1.1).

11. Une petite zone au sud de la Montérégie n'est pas couverte par la carte du 3e inventaire écoforestier (voir les chiffres présentés au tableau 2.2.1, p. 36).

12. Les dénudés et semi-dénudés humides (« DH ») sont incompatibles avec la présence d'un substrat rocheux ou d'un dépôt très mince (soit les codes du dépôt de surface qui commencent par « R » ou par « M »), à l'exception des sols organiques minces (« R/T » ou « M/T »), ainsi qu'avec des niveaux de drainage du sol qui ne sont ni mauvais ni très mauvais (les codes de la classe de drainage qui ne commencent pas par « 5 » ni par « 6 »). Les dénudés et semi-dénudés secs (« DS »), pour leur part, sont incompatibles avec la présence de dépôts organiques (soit les codes du dépôt de surface qui débutent par « / »), ainsi qu'avec des niveaux de drainage qui sont mauvais ou très mauvais (les codes qui commencent par « 5 » ou par « 6 ») (André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle).

Encadré AI.3.1.1

Règle pour la correction des catégories « Dénudés et semi-dénudés humides » et « Dénudés et semi-dénudés secs » du code de terrain

Pour les polygones des couches de couverture terrestre dont les attributs correspondent à la sélection suivante, la valeur du code de terrain est remplacée par « DH ».

- 4e inventaire : CO_TER = 'DS' AND (DEP_SUR LIKE '7%' OR CL_DRAI LIKE '5%' OR CL_DRAI LIKE '6%')
- 3e inventaire : TER_CO = 'DS' AND (DSU_CO LIKE '7%' OR CDR_CO LIKE '5%' OR CDR_CO LIKE '6%')

De même, la catégorie du code de terrain des polygones dont les attributs correspondent à la sélection suivante est remplacée par « DS ».

- 4e inventaire : CO_TER = 'DH' AND ((DEP_SUR LIKE 'M%' AND NOT DEP_SUR = 'M7T') OR (DEP_SUR LIKE 'R%' AND NOT DEP_SUR = 'R7T') OR NOT (CL_DRAI LIKE '5%' OR CL_DRAI LIKE '6%'))
- 3e inventaire : TER_CO = 'DH' AND ((DSU_CO LIKE 'M%' AND NOT DSU_CO = 'M7T') OR (DSU_CO LIKE 'R%' AND NOT DSU_CO = 'R7T') OR NOT (CDR_CO LIKE '5%' OR CDR_CO LIKE '6%'))

AI.3.2 Correction de la classification des bleuetières

Une autre méthode de correction cible l'erreur dans la classification des bleuetières que l'inventaire écoforestier considère comme des « milieux faiblement perturbés par l'activité humaine ». Ceux-ci sont classés comme « Surfaces artificielles » selon le modèle décisionnel de la figure 2.5.1 (p. 41), alors que les bleuetières correspondent en fait à la définition des « Terres agricoles » des comptes des terres (annexe II, tableau AII.1, p. 154) (la section AI.3.3 traite d'un problème analogue pour les champs de canneberges). Puisque la superficie des bleuetières a beaucoup augmenté au cours de la période de référence, cette classification erronée amène une importante surestimation de l'augmentation des surfaces artificielles ou une sous-estimation de l'augmentation des terres agricoles, notamment dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

La méthode de correction consiste d'abord à repérer les polygones de surface artificielle qui représentent des bleuetières à l'intérieur des couches de couverture terrestre. Dans la couche de couverture à *t0*, tous les polygones dont le code de terrain est « BLE », pour bleuetière, sont sélectionnés (ce code de terrain a été converti en « NF » ou « Milieu faiblement perturbé par l'activité humaine » dans le 4e inventaire écoforestier). Dans la couche de couverture à *t1*, les polygones de surface artificielle sont sélectionnés si leur code de terrain est « NF » et s'ils sont en intersection avec les surfaces constituées des pixels classés « Fruits » de la *Cartographie des types de cultures* de 2011 d'AAC[13]. Enfin, le code « 010000 » (« Surfaces artificielles ») des champs « CL_COUV_T00 » ou « CL_COUV_T01 » des polygones sélectionnés dans chacune des deux couches de couverture est remplacé par le code « 020000 » (« Terres agricoles »). Un attribut « CORR_T00 » ou « CORR_T01 » est ajouté à la table de données associée à chacune des deux couches. La valeur « 1 » a été assignée à ces champs pour indiquer que la classification d'une bleuetière a été corrigée.

La correction de la classification des bleuetières est relativement simple parce que le problème se concentre dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean. L'examen des données écoforestières et la réalisation d'essais à l'aide de données auxiliaires ont permis d'élaborer le meilleur procédé pour les repérer. La mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013) a été utilisée pour observer la présence des bleuetières. Le code de terrain « BLE » attribué lors du 3e inventaire écoforestier s'avère fiable et exhaustif ; il correspond à 141 km² de bleuetière.

13. Les pixels de la *Cartographie des types de cultures* de 2011 d'AAC ont préalablement été reclassés selon qu'ils appartiennent à la classe « Fruits » ou à toute autre classe, puis les groupements de pixels reclassés ont été convertis en polygones. Par ailleurs, deux polygones sont exclus de la sélection parce qu'ils ne représentent pas des bleuetières. De plus, un polygone dont le code de terrain n'est pas « NF », mais plutôt « ANT » (« Milieu fortement perturbé par l'activité humaine »), a été ajouté à la sélection puisqu'il représente probablement une bleuetière (à tout le moins un champ), à proximité d'une grande bleuetière.

Les polygones de surface artificielle de la couche de couverture terrestre à *t1* ont été croisés avec les polygones de la *Base de données des parcelles et productions agricoles déclarées* (BDPPAD) de la Financière agricole, dont l'attribut « GROPRO » indique « Petits fruits » ou dont l'attribut « CODPROX » indique « Bleuets », avec la classe « Terres cultivées » de la carte d'utilisation des terres d'AAC pour 2010 (encadré 2.6.2, p. 45) et avec la classe « Fruits » de la *Cartographie des types de cultures* de 2011 d'AAC. La méthode basée sur la classe « Fruits » du produit de 2011 d'AAC était la meilleure pour repérer les bleuetières parmi les polygones de surface artificielle de la couche de couverture à *t1* ; 189 km² de bleuetière auraient été classés de façon inexacte dans cette couche.

AI.3.3 Correction de la classification des cannebergières

La dernière méthode de correction concerne l'erreur qui se produit dans la classification des champs de canneberges, analogue à l'erreur qui touche la classification des bleuetières. L'inventaire écoforestier considère les cannebergières en tant que « milieux faiblement perturbés par l'activité humaine ». Cela conduit dans les comptes des terres à une classification inexacte, les cannebergières étant classées comme « Surfaces artificielles », plutôt que comme « Terres agricoles ». Cette erreur de classification mène à une surestimation de l'augmentation des surfaces artificielles ou une sous-estimation de l'augmentation des terres agricoles, surtout dans la région du Centre-du-Québec, où la superficie des cannebergières a augmenté durant la période de référence.

Dans le cas des champs de canneberges, aucune donnée auxiliaire ne permettait de les repérer de façon précise et exhaustive parmi les polygones de surface artificielle des couches de couverture terrestre. Les superficies constituées des pixels classés « Terres humides » de la *Cartographie des types de cultures* de 2011 d'AAC ont été utilisées en combinaison avec la couche de couverture terrestre à *t1* pour localiser les secteurs où des cannebergières pourraient se retrouver. La classe « Terres humides » du produit d'AAC identifie correctement les milieux où l'accès à l'eau est abondant, là où les cannebergières sont généralement aménagées. Parmi les polygones de surface artificielle à *t1* qui croisent les zones classées comme « Terres humides », seuls ceux dont la superficie est supérieure à 0,12 km² (12 ha) sont retenus[14]. Cet exercice a permis de générer un ensemble de 161 polygones de surface artificielle à *t1* qui représentent des secteurs potentiels de cannebergières. Ces polygones ont été importés dans le logiciel d'observation de la terre Google Earth Pro.

Pour la correction de la couche de couverture terrestre à *t0*, la navigation dans les alentours de chaque secteur pris un à un, à une échelle d'environ 1/25 000 (celle-ci permettant d'utiliser la fonction d'affichage des images d'archives de Google Earth), a servi pour trouver des images satellites temporellement compatibles avec les années de prise de vue du 3e inventaire écoforestier. Ces images ont été exportées puis intégrées dans le SIG des comptes des terres. L'analyse visuelle des images satellites simultanément à la couche de couverture terrestre à *t0* dans le voisinage des 161 secteurs potentiels de cannebergières a permis de reconnaître les polygones classés de façon erronée comme des surfaces artificielles. Le code « 010000 » (« Surfaces artificielles ») du champ « CL_COUV_T00 » de ces polygones est remplacé par le code « 020000 » (« Terres agricoles »).

Le résultat du travail pour *t0* et l'analyse visuelle dans le voisinage des 161 secteurs potentiels d'images satellites temporellement compatibles avec le 4e inventaire directement dans Google Earth et, en parallèle, de la mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013) dans ArcGIS ont permis de reconnaître les polygones à *t1* qui étaient classés de façon erronée comme des surfaces artificielles. Le code « 010000 » du champ « CL_COUV_T01 » de ces polygones est remplacé par le code « 020000 ». Afin de conserver la trace de la correction de la classification des cannebergières, le champ « CORR_T00 » ou « CORR_T01 » de la couche de couverture terrestre du début et de la fin de la période, respectivement, a été rempli avec le code « 2 ».

14. Ce seuil a été établi par l'observation de la mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013) vis-à-vis des polygones de surface artificielle à *t1* qui chevauchent les terres humides dans la région du Centre-du-Québec.

L'identification d'une cannebergière sur une image satellite dépend de plusieurs critères. L'organisation spatiale de ces champs est resserrée et formée de rectangles séparés par de fines bandes et bordés de chemins d'accès. La présence de plusieurs bassins de rétention d'eau à proximité de ces cultures est un autre signe qui facilite leur reconnaissance. La principale confusion dans la reconnaissance de ce type de culture provient de sa similarité avec les tourbières en exploitation. La tourbe est considérée comme une ressource minérale et, par conséquent, selon la classification de la couverture terrestre du Québec, les tourbières exploitées doivent demeurer classées comme des surfaces artificielles (annexe II, tableau AII.1, p. 154, et page 156, note 1).

De nombreux essais ont été nécessaires pour arriver à cette méthode de correction. Des tests ont été effectués avec la BDPPAD de la Financière agricole et avec une combinaison des classes « Arbustes » et « Terres humides » de la *Cartographie des types de cultures de 2011* d'AAC, sans donner de résultats satisfaisants[15]. La correction de la classification des cannebergières dans la couche de couverture terrestre à *t0* a touché une superficie d'un peu moins de 1 km^2. En fin de période, dans l'ensemble du territoire d'étude, une superficie de près de 21 km^2 de surfaces artificielles a été corrigée pour être classée en tant que terres agricoles.

AI.4 CRÉER LA COUCHE DES CHANGEMENTS DE COUVERTURE TERRESTRE

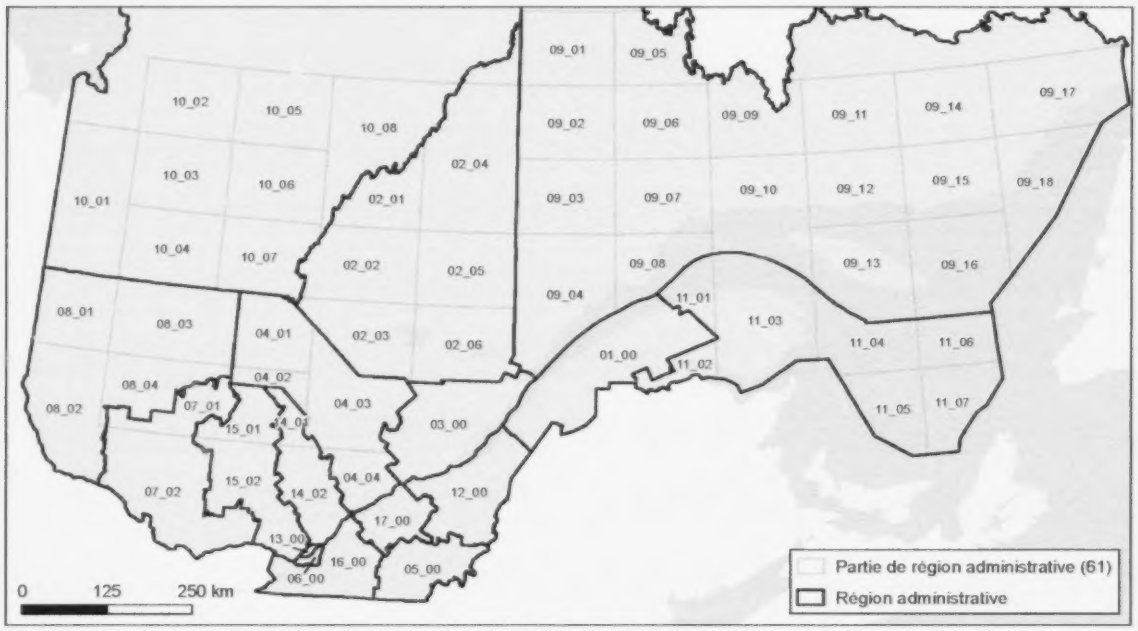
La couche des changements de couverture terrestre est créée par l'intersection géographique des couches corrigées de couverture à *t0* et à *t1*. Les attributs des cartes du 3^e et du 4^e inventaire écoforestier préservés lors de la création des couches de couverture terrestre (tableau AI.2.1, p. 107) sont conservés dans la table de données de la couche des changements. Étant donné l'important volume de données à traiter, l'opération d'intersection est effectuée par région administrative ou, pour les régions plus grandes, par partie de région. La figure AI.4.1 (page suivante) présente le découpage correspondant du territoire en 61 secteurs. Le sous-découpage régional a été réalisé à l'aide du SNRC[16]. Le croisement des couches de couverture terrestre à *t0* et à *t1* génère une couche (en 61 parties) qui comprend toutes les zones d'intersection, y compris celles où le code de classe de couverture terrestre est le même aux temps *t0* et *t1*. L'opération suivante consiste à sélectionner et à ne préserver que les polygones d'intersection dont le code de couverture à *t1* est différent de celui à *t0*, soit là où les données écoforestières indiquent un changement de couverture.

15. De plus, l'utilisation des données provenant de la Fiche d'enregistrement des exploitations agricoles du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) a été considérée pour repérer les cannebergières, mais cette alternative a été rapidement rejetée car elle aurait été trop difficile à appliquer.

16. Le découpage des régions administratives correspond au SDA de mai 2014.

Figure AI.4.1

Carte du découpage par région administrative et par partie de région administrative pour la couche des changements de couverture terrestre, sud du Québec



Sources : Institut de la statistique du Québec ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, mai 2014.

De plus, l'opération d'intersection génère des polygones « multiparties ». Ceux-ci sont convertis en polygones d'une seule partie. Ils sont appelés « polygones de changement » dans la suite du texte. Le champ « Changement » est ensuite ajouté à la table de données pour spécifier la nature de la transition à l'intérieur de chaque polygone de changement au cours de la période : il est construit par la concaténation des codes de couverture terrestre à *t0* et à *t1*. Par exemple, le changement d'une terre agricole en une surface artificielle s'exprime par le code « 020000_010000 ». Il est à noter que la couche des changements de couverture terrestre comprend de nombreux polygones qui ne représentent pas des changements réels ; ils sont validés par la suite à l'aide d'une série de méthodes (sections 2.6 et AI.6).

AI.5 ACQUÉRIR ET PRÉPARER LES DONNÉES AUXILIAIRES POUR LA VALIDATION DES POLYGONES DE CHANGEMENT DE COUVERTURE TERRESTRE

La validation des polygones de changement dépend notamment de l'utilisation de données auxiliaires : les cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) pour 1990 et 2010 et les images satellites Landsat 4-5 TM ou Landsat 8 OLI, téléchargées du site de l'*United States Geological Survey* (USGS). Puisqu'elles sont utilisées pour confirmer ou infirmer le changement de couverture terrestre dans certains secteurs au cours de la période entre le 3e et le 4e inventaire écoforestier, les données auxiliaires sont sélectionnées en fonction de leur concordance temporelle avec les années de prise de vue des photos aériennes des inventaires. Cette section décrit comment les données auxiliaires sont acquises, puis préparées en vue de leur utilisation.

AI.5.1 Cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada

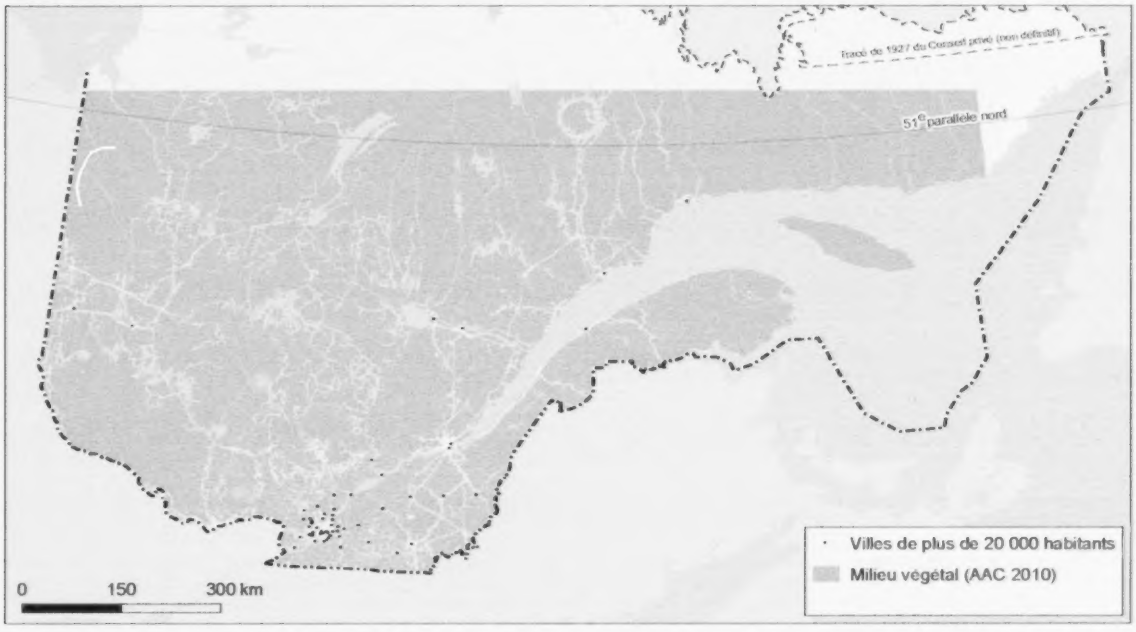
Les cartes d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), disponibles par le biais du portail du Gouvernement ouvert du Canada, sont des produits matriciels conçus à partir de diverses données dont la plupart sont issues d'images satellites (encadré 2.6.2, p. 45). Dans le cadre du projet, elles sont utilisées pour valider les changements entre une couverture artificielle et une couverture agricole. Les cartes d'utilisation des terres de 1990 et de 2010 sont employées pour confirmer ou infirmer une variation du couvert végétal que suggère la comparaison des cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier[17]. Afin de procéder à la validation, les classes d'utilisation des terres ont été regroupées en deux grandes classes à l'aide de SAGA GIS : les classes « lieux habités » et « routes » ont été réunies pour donner l'équivalent des surfaces artificielles ; les autres classes, incluant les « autres terres », ont été regroupées en une seule grande classe considérée comme du milieu végétal[18].

Dans ArcGIS, les groupements de pixels représentant les surfaces artificielles ou les milieux végétaux sont convertis en polygones (sans simplification des contours). Puisque les cartes d'AAC sont divisées selon les zones UTM, dont quatre couvrent le Québec, et que leurs bords se superposent, une grille de découpage sans superpositions a été élaborée à partir des zones UTM. Les parties vectorisées obtenues des deux cartes d'AAC ont été découpées à l'aide de cette grille, puis assemblées pour former deux couches complètes pour 1990 et 2010. Ces deux couches ont ensuite été découpées selon les limites de la province. Les couches découpées ont servi d'intrant pour la validation des polygones de changement à l'aide de la méthode A (section AI.6.1, p. 119). La couche de 2010 est présentée à la figure AI.5.1.1 en lien avec les villes de plus de 20 000 habitants.

17. Les cartes d'utilisation des terres d'AAC existent pour 1990, 2000 et 2010. Le choix d'un duo d'années (1990 et 2000, 1990 et 2010 ou 2000 et 2010) pour la validation des polygones de changement induit des erreurs plus ou moins probables. En vue de préserver l'objectivité des données écoforestières et de ne pas trop affecter les vrais changements, l'analyse des résultats possibles de la validation à l'aide de différentes années du produit d'AAC nous a amenés à choisir les cartes de 1990 et de 2010 comme données auxiliaires.

18. Les « autres terres » ne sont pas du milieu végétal, mais ne sont pas non plus des surfaces artificielles. Elles comprennent les « zones rocheuses, plages, glaces, terres stériles » (AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA, *Utilisation des terres en 1990, 2000, 2010 – Spécifications de contenu informationnel produites conformément à la norme ISO 19131*, Révision : A, p. 8, [En ligne]. [www.agr.gc.ca/atlas/supportdocument_documentdesupport/aafcLand_Use/fr/Utilisation_des_terres_en_1990_%202000_%202010_ISO19131.pdf] (Consulté le 24 novembre 2016)).

Figure AI.5.1.1
Carte des polygones de milieu végétal obtenus à partir de la carte d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) pour 2010



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation de la carte d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada pour 2010 ; pour les villes de plus de 20 000 habitants : Institut de la statistique du Québec, estimations démographiques de 2014.

AI.5.2 Images satellites de l'*United States Geological Survey*

Pour ce qui est des images satellites de l'*United States Geological Survey* (USGS) (encadré 2.6.2, p. 45), la première tâche a été de choisir celles dont l'année d'acquisition était la plus proche de l'année de prise de vue de chacun des deux inventaires écoforestiers. Les images Landsat 4-5 TM ou Landsat 8 OLI sont captées par l'USGS selon le *Worldwide Reference System-2* (WRS-2). Or, ce système de référence comprend des aires de superposition entre les images. Une grille sans zones de superposition a donc été élaborée à partir du système WRS-2. L'intersection de cette grille et des polygones de prise de vue du 3e et du 4e inventaire écoforestier a permis d'établir l'année dominante de chacun des inventaires à l'intérieur de la grille.

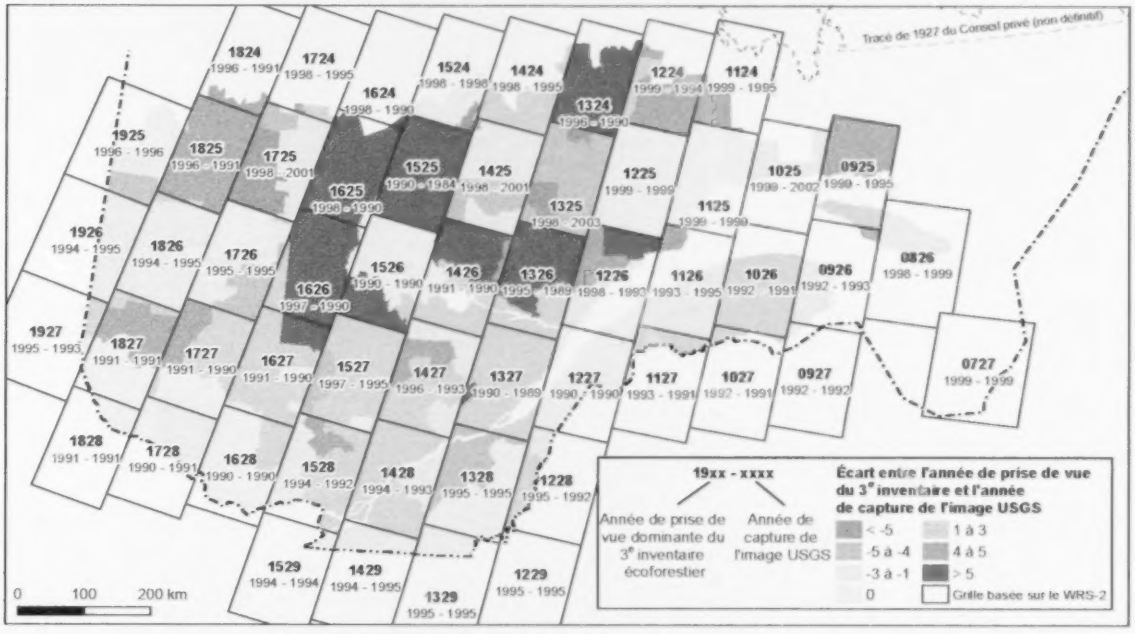
À défaut d'avoir été captées la même année que l'année dominante du 3e inventaire écoforestier, les images choisies devaient être plus anciennes que celle-ci ou d'au plus trois ans plus récentes. À l'inverse, les images choisies pour correspondre au 4e inventaire devaient avoir été captées à son année dominante, être plus récentes ou pas plus anciennes que de trois ans[19]. Les images correspondant au 3e inventaire proviennent des satellites Landsat 4-5 ; celles qui correspondent au 4e inventaire, des satellites Landsat 4-5 ou 8. De plus, les images devaient avoir été captées en juin, en juillet, en août ou en septembre (préférablement en juillet ou en août) et avoir le plus faible couvert nuageux possible. Pour chaque dalle du système WRS-2, plusieurs images ont été téléchargées pour représenter le début et la fin de la période : elles ont toutes été soumises aux mêmes

19. Le choix méthodologique de préférer les images Landsat plus anciennes que l'année de prise de vue du 3e inventaire écoforestier, ou plus récentes que celle du 4e inventaire, s'appuie sur une analyse analogue à celle qui a été brièvement décrite pour appuyer la sélection des années du produit d'AAC (voir la page 113, note 17).

opérations afin de choisir celle, pour chaque dalle, qui permettrait de mieux servir les fins du présent projet. Les figures AI.5.2.1 et AI.5.2.2 montrent la concordance temporelle entre l'année des images qui ont été retenues de l'USGS et, respectivement, l'année de prise de vue du 3e et du 4e inventaire.

Figure AI.5.2.1

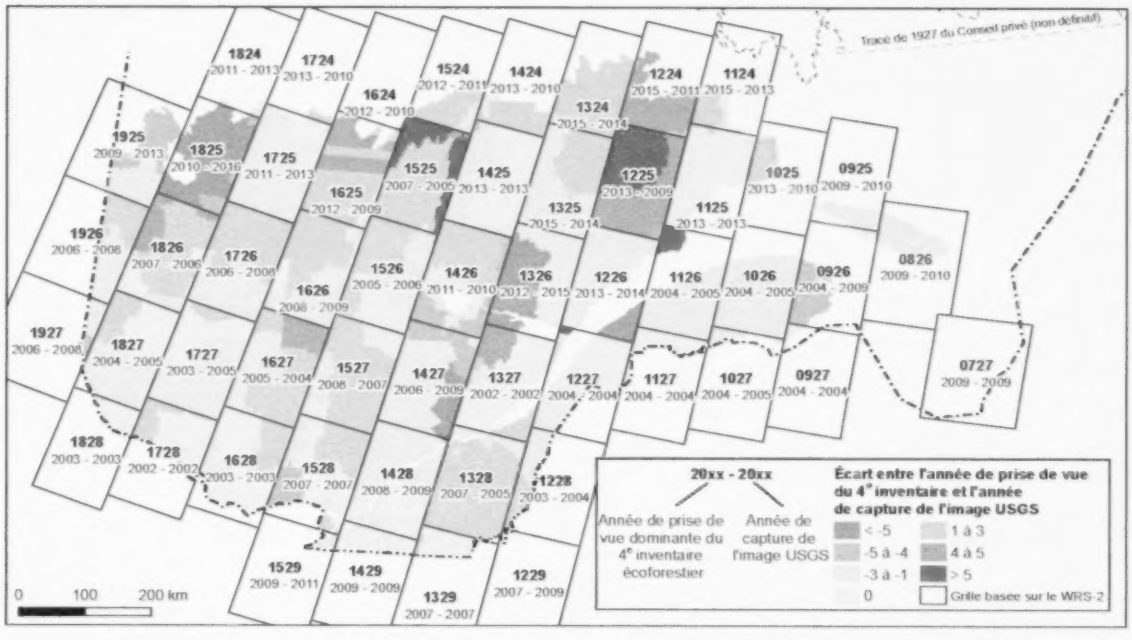
Carte des intervalles entre l'année de prise de vue du 3e inventaire écoforestier et l'année de capture de l'image USGS, et grille créée à partir du système WRS-2



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016, et des images Landsat de l'*United States Geological Survey*.

Figure AI 5.2.2

Carte des intervalles entre l'année de prise de vue du 4e inventaire écoforestier et l'année de capture de l'image USGS, et grille créée à partir du système WRS-2



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016, et des images Landsat de l'*United States Geological Survey*.

La finalité des opérations de préparation des images satellites de l'USGS est d'obtenir des polygones de végétation selon l'indice de végétation NDVI pour le début (*t0*) et la fin de la période (*t1*). Les polygones de végétation NDVI pour *t0* et *t1* servent à valider les secteurs où des différences entre le 3e et le 4e inventaire écoforestier suggèrent le passage d'une surface artificielle à surface naturelle, ou celui d'une surface naturelle à une surface artificielle. L'indice NDVI, ou *Normalized Difference Vegetation Index*, qui est l'indice de végétation le plus fréquemment utilisé en télédétection[20], est calculé à partir des valeurs de pixel des bandes spectrales du rouge et du proche infrarouge des images Landsat (bandes 3 et 4 du capteur TM et bandes 4 et 5 du capteur OLI). Cet indice mesure la densité et la vigueur de la végétation. Sa valeur est comprise à l'intérieur de l'intervalle [-1, 1][21].

Afin de générer les polygones de végétation, les valeurs de l'indice sont reclassées pour distinguer le milieu végétal (forêts, terres agricoles en culture et autres étendues couvertes de végétation) et le milieu non végétal (surfaces à nu, terres agricoles à nu et surfaces d'eau). Le reclassement des valeurs NDVI a reposé sur le choix de valeurs seuils pour discriminer les milieux végétal et non végétal. Dans une première étape, dix couches de polygones de végétation ont été générées à partir de seuils de l'indice NDVI entre 0,35 et 0,80. Les pixels dont la valeur de l'indice est plus grande que le seuil sont classés comme étant « végétaux ». Plus le seuil est proche de 1, plus les polygones de végétation sont restreints et plus la végétation doit être dense et vigoureuse pour être reconnue comme telle (les forêts de feuillus obtiennent une valeur élevée de l'indice NDVI). À l'inverse, un

20. « Les indices de végétation sont des combinaisons de réflectances dans différentes bandes de longueurs d'onde. » (BONN, 1996 : 280).

21. Dans le cadre du présent projet, l'indice NDVI a été calculé à partir de la valeur corrigée selon la réflectance au sommet de l'atmosphère (« *Top of Atmosphere* » ou TOA) du pixel, et non pas à partir de sa valeur corrigée selon la réflectance au sol, qui théoriquement aurait été la meilleure solution. Dans le cas des images utilisées, les valeurs corrigées selon la réflectance au sol donnaient des résultats incohérents pour l'indice NDVI.

seuil plus proche de 0 est moins restrictif et mène à des polygones de végétation plus étendus qui admettent une végétation moins dense, moins vigoureuse et avec une plus grande présence de résineux. L'ensemble des opérations effectuées à partir des fichiers raster a été réalisé à l'aide de l'outil Modeleur graphique de QGIS.

Dans le but de sélectionner les meilleures images Landsat, l'indice NDVI a été calculé pour l'ensemble des images téléchargées. Ainsi, pour une dalle donnée du système WRS-2, la meilleure image, pour le début ou la fin de la période, est celle dont les pixels reclassés selon un seuil de 0,45 ou de 0,50, dépendant de la latitude, procurent la représentation la plus complète de la végétation, particulièrement dans les secteurs où des changements de couverture terrestre seront validés, et dont les caractéristiques respectent le mieux les critères énoncés plus haut, comme une année de capture se rapprochant le plus de l'année de prise de vue du 3e ou du 4e inventaire écoforestier.

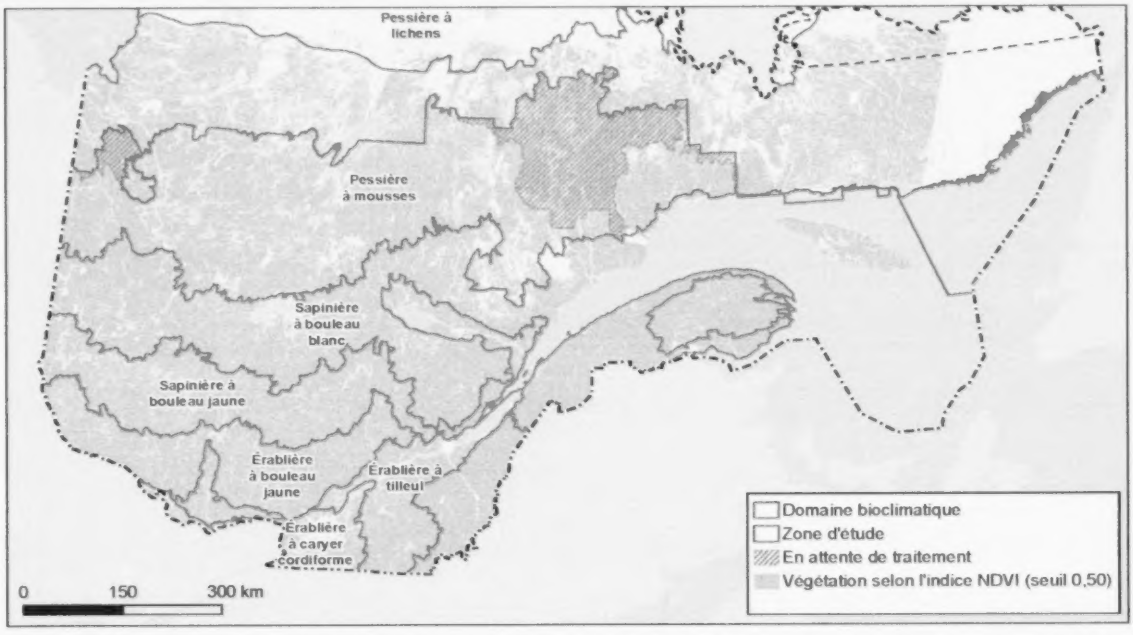
Pour les images sélectionnées, les groupements de pixels qui représentent les milieux végétaux sont convertis en polygones de végétation NDVI à l'aide d'ArcGIS (sans simplification des contours). La grille créée à partir du système WRS-2 (voir figures AI.5.2.1 et AI.5.2.2, plus haut) est ensuite utilisée pour découper les couches vectorielles afin de pouvoir les assembler en couches uniques pour l'ensemble du territoire d'étude sans qu'il y ait de zones de superposition. Les figures AI.5.2.3 et AI.5.2.4 présentent les couches des polygones de végétation NDVI définis selon les seuils 0,40 et 0,50 pour le début de la période, en relation avec les limites des domaines bioclimatiques du MFFP. Les polygones de végétation NDVI du Québec méridional servent d'intrants pour la validation des polygones de changement (section AI.6.1, méthode B).

Figure AI.5.2.3
Carte des polygones de végétation NDVI définis selon le seuil 0,40 pour le début de la période, à partir des images Landsat de l'*United States Geological Survey* captées entre 1984 et 2006, et limites des domaines bioclimatiques

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des images Landsat de l'*United States Geological Survey*; ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Niveaux supérieurs du système hiérarchique de classification écologique, juin 2016.

Figure AI.5.2.4

Carte des polygones de végétation NDVI définis selon le seuil 0,50 pour le début de la période, à partir des images Landsat de l'*United States Geological Survey* captées entre 1984 et 2006, et limites des domaines bioclimatiques



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des images Landsat de l'*United States Geological Survey*; ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Niveaux supérieurs du système hiérarchique de classification écologique, juin 2016.

AI.6 VALIDER LES POLYGONES DE CHANGEMENT POUR RÉDUIRE LES ERREURS DUES AU MANQUE DE COMPARABILITÉ ENTRE LES CARTES DU 3e ET DU 4e INVENTAIRE ÉCOFORESTIER

La validation des polygones de changement de couverture terrestre est centrale à la méthodologie révisée des comptes des terres du Québec méridional. Cette étape consiste à appliquer diverses méthodes de validation qui permettent de rejeter les polygones qui ne représentent pas un réel changement. Ces « faux » polygones de changement résultent de différences de définition, de méthodologie et de photo-interprétation entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier, ainsi que d'erreurs de saisie ou de photo-interprétation propres à chaque inventaire (encadré 2.1.1, p. 34). Cette étape n'avait pas été effectuée dans le cadre du projet pilote.

Étant donné la grandeur du territoire et le volume de données, la validation des polygones de changement est presque entièrement automatisée. La validation automatique se fait en deux temps. D'abord, selon le type de transition qu'ils représentent, les polygones de changement sont validés à l'aide de méthodes basées sur les données auxiliaires (encadré 2.6.2, p. 45, et section AI.5) ou sur les attributs des données écoforestières. Ces méthodes réduisent les erreurs d'estimation causées par des différences de définition, de méthodologie et d'interprétation. Ensuite, des critères de géométrie sont appliqués aux polygones de changement pour réduire les erreurs d'estimation attribuables aux petites différences de géométrie entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier et au fait que les aires minimales d'interprétation diffèrent entre les deux inventaires. Les polygones

de changement invalidés par ces critères sont de petite superficie, filiformes ou de forme improbable. À noter que l'automatisation implique d'établir des règles et des seuils relativement généraux qui peuvent engendrer de nouvelles erreurs[22].

Au départ, des champs d'attribut sont ajoutés à la couche des changements de couverture terrestre pour chacune des méthodes de validation et pour la validation finale : « V_AAClanduse », « V_NDVI », « V_AGE », « V_ORIG_AGE », « V_PERT_DEP », « V_INO », « V_DRAIN », « V_GEO » et « V_FINAL ». Lorsqu'un polygone de changement est validé par une méthode, la valeur « 1 » est attribuée au champ qui correspond à cette méthode ; la valeur « 0 » (ou « 2 ») est attribuée aux polygones invalides. Les polygones qui sont invalidés par les méthodes basées sur les données auxiliaires ou les attributs des données écoforestières ou qui ne se conforment pas aux critères de géométrie sont considérés comme faux. Autrement dit, il suffit qu'un seul attribut de validation indique « 0 » (ou « 2 ») pour que le polygone soit rejeté. Des zones présumées sans changement sont substituées aux polygones rejetés (section 2.6). À la fin, la vérification manuelle des quelque deux cents plus grands polygones de changement relatifs aux surfaces artificielles évalue le résultat de la validation automatique et mène à la rectification de leur attribut de validation finale si nécessaire.

Les réflexions et les discussions du Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional se sont concentrées sur cette étape de la méthodologie. En parallèle aux travaux du Groupe, l'examen de la documentation, la consultation d'autres spécialistes, l'observation des polygones de changement par type de changement et l'observation d'images satellites précédant le 3e inventaire et suivant le 4e inventaire à l'intérieur des zones délimitées par les polygones de changement ont servi à évaluer la plausibilité des changements de couverture terrestre, à comprendre les définitions et les méthodes des inventaires écoforestiers et à élaborer les méthodes de validation pour corriger la couche des changements de couverture terrestre. De façon générale, les méthodes de validation ont été conçues de façon à préserver l'objectivité des données écoforestières – notamment pour ne pas affecter les vrais changements, quitte à ne pas retrancher tous les faux changements ; à favoriser un biais conservateur plutôt qu'un biais qui aurait exagéré une estimation de changement net ; à garder la méthode globalement simple pour ne pas nuire à l'intelligibilité des résultats.

AI.6.1 Valider les polygones de changement à l'aide des données auxiliaires ou des attributs des données écoforestières

Une série de méthodes basées sur les données auxiliaires ou sur les attributs des données écoforestières sont appliquées aux polygones de changement. Ces méthodes diffèrent selon le type de changement représenté. Deux méthodes utilisent l'information de couverture terrestre des données auxiliaires, lesquelles ont été acquises et préparées selon la méthodologie décrite à la section AI.5. Ces deux méthodes sont conçues pour valider une variation dans la couverture végétale et résultent en la mise à jour des couches de couverture terrestre issues du 3e ou du 4e inventaire écoforestier (section 2.6). Les autres méthodes, qui utilisent les attributs des données écoforestières, se basent implicitement sur la cohérence qui devrait exister entre la valeur des attributs qui proviennent du 3e et du 4e inventaire. Elles mènent à la mise à jour de la couche de couverture terrestre issue du 3e inventaire. L'idée qui consiste à utiliser les données attributaires pour invalider les changements erronés a été émise lors des rencontres du Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional.

Les méthodes présentées permettent de réduire l'erreur associée à certaines estimations de changement. Elles abordent les erreurs attribuables aux différences entre le 3e et le 4e inventaire en ce qui a trait aux définitions ou aux méthodes de photo-interprétation ou de délimitation de certaines catégories de terrain et, dans une certaine

22. Une toute autre piste a d'abord été explorée pour la correction de la couche des changements de couverture terrestre. Cette approche était basée sur l'application d'un filtre gaussien aux cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier pour en améliorer la comparabilité. Elle a été écartée parce qu'elle modifiait trop la représentation spatiale de la couverture terrestre et ne permettait pas de cibler les erreurs particulières.

mesure, les erreurs causées par les différences d'interprétation qui viennent du fait que des photo-interprètes différents ont effectué le travail (malgré l'utilisation des mêmes définitions et des mêmes méthodes), ainsi que les possibles omissions de chaque inventaire lors de la photo-interprétation (section 2.1).

Les méthodes ont été élaborées en considérant chaque transition prise une à une (tableau AI.6.1.1, p. 121). La reconnaissance des erreurs probables et l'élaboration des règles de validation ont reposé sur les avis et constats de spécialistes, notamment de la Direction des inventaires forestiers du MFFP, sur l'examen des normes de cartographie des inventaires écoforestiers et sur la lecture de documents connexes. Cette recherche continue d'information a servi à évaluer la plausibilité des changements de couverture terrestre et des successions en milieu naturel et à comprendre de façon précise les définitions et les méthodes utilisées lors du 3e et du 4e inventaire. De plus, la mosaïque d'images satellites en fausses couleurs de moyenne résolution Landsat, captées de 1984 à 1987, et la mosaïque d'images satellites en vraies couleurs de haute résolution RapidEye, captées de 2010 à 2013[23], ont été utilisées pour soutenir l'élaboration des règles de validation et pour vérifier le résultat de leur application.

Des méthodes ont été élaborées pour les cas où des données auxiliaires ou des attributs des données écoforestières permettaient de discerner avec une certaine précision les faux des vrais changements. Les polygones qui représentent un type de changement auquel aucune des méthodes ne s'applique sont considérés comme valides. Or, certains types de changement improbables (p. ex., les changements entre les milieux humides herbacés ou arbustifs et les forêts à couvert ouvert – qui sont des milieux secs) n'ont pas pu être validés, bien que les estimations correspondantes soient vraisemblablement composées en grande partie d'une erreur. Ces changements improbables touchent de petites superficies, d'ailleurs souvent invalidés par les critères de géométrie (voir section AI.6.2). Le fait de simplement rejeter ces changements suggérerait qu'une erreur de même nature serait absente des autres estimations. Ce choix méthodologique permet en quelque sorte de laisser parler les données.

Ainsi, les méthodes pour invalider les polygones de changement erronés à l'aide des données auxiliaires ou des attributs des données écoforestières ne permettent pas de corriger toutes les erreurs de la couche des changements de couverture terrestre. Il subsiste notamment des erreurs attribuables aux différences de délimitation ou d'interprétation entre les deux inventaires. De plus, l'application de ces méthodes peut induire de nouvelles erreurs, ce qui fait qu'il n'est pas toujours possible de reconnaître la direction de l'erreur, à savoir si celle-ci a pour effet de causer une sous-estimation ou une surestimation des changements de couverture terrestre.

23. MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, Mosaïque d'images satellites Landsat (1984-1987) et MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, Mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Tableau AI.6.1.1

Matrice des diminutions de couverture terrestre, avec renvoi vers la description des méthodes de validation appliquées

Classe de couverture terrestre à *t0*	Classe de couverture terrestre à *t1*								
	Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)
Surfaces artificielles		A	B, C	B		B, C	B, C	B, C	B
Terres agricoles	A		C			C	C	C	
Milieux humides forestiers	B	D		E, F	F	G*	G*	G*	E
Milieux humides herbacés ou arbustifs	B		C, F			C	C	C	
Plans et cours d'eau intérieure			C, F			C	C	C	
Forêts de conifères à couvert fermé	B	D	G*	E			*	*	E
Forêts de feuillus à couvert fermé	B	D	G*	E		*		*	E
Forêts mixtes à couvert fermé	B	D	G*	E		*	*		E
Forêts à couvert ouvert	B		C			C	C	C	

* Pour ces transitions, la superficie minimale des polygones de changement est de 8 ha (elle est de 2 ha pour les autres transitions, voir section AI.6.2).

A Validation des changements entre surfaces artificielles et terres agricoles à l'aide des cartes d'utilisation des terres d'AAC.

B Validation des changements entre surfaces artificielles et surfaces naturelles à l'aide de l'indice NDVI.

C Validation des diminutions de surfaces artificielles, de terres agricoles, de milieux humides herbacés ou arbustifs, de plans et cours d'eau intérieure ou de forêts à couvert ouvert au profit de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé, sur la base de l'âge des peuplements.

D Validation des diminutions de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé au profit de terres agricoles, sur la base de la perturbation d'origine et de l'âge du peuplement.

E Validation des diminutions de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé au profit de milieux humides herbacés ou arbustifs ou de forêts à couvert ouvert, sur la base de la perturbation, du dépôt de surface et du type écologique.

F Rejet des changements entre les sites inondés et les plans et les cours d'eau intérieure ou les milieux humides herbacés ou arbustifs.

G Validation des changements entre les milieux humides forestiers et les forêts à couvert fermé, sur la base du drainage.

A. Validation des changements entre surfaces artificielles et terres agricoles à l'aide des cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada

Cette méthode fait appel aux polygones de milieu végétal (1990 et 2010) obtenus des cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) pour 1990 et 2010 (section AI.5.1). Les polygones dits de milieu végétal comprennent toutes les classes thématiques des produits d'AAC (forêts, eaux, terres cultivées, prairies et autres terres), sauf les lieux habités et les routes. La méthode est appliquée aux polygones de changement qui représentent une diminution de surfaces artificielles au profit de terres agricoles ou une augmentation de surfaces artificielles au détriment de terres agricoles.

Une intersection spatiale est opérée entre les polygones de changement visés et les polygones de milieu végétal de 1990 et de 2010 afin de calculer leur pourcentage de superposition avec ceux-ci, soit la portion des polygones de changement occupée par le milieu végétal en 1990 et 2010. Un pourcentage de superposition élevé avec le milieu végétal suggère la présence d'une couverture naturelle ou agricole, tandis qu'un pourcentage moins élevé, celle d'une surface artificielle. Pour un polygone de changement donné, *l'écart* entre les pourcentages de superposition pour 1990 et 2010 permet de confirmer ou d'infirmer la transition d'une terre agricole à une surface artificielle ou celle, moins probable, d'une surface artificielle à une terre agricole. Lorsque l'écart est en deçà d'un certain seuil, le changement est invalidé : dans ce cas, le pourcentage de superposition avec le milieu végétal en 1990 est utilisé pour déterminer laquelle des deux couches de couverture terrestre est mise à jour (section AI.8).

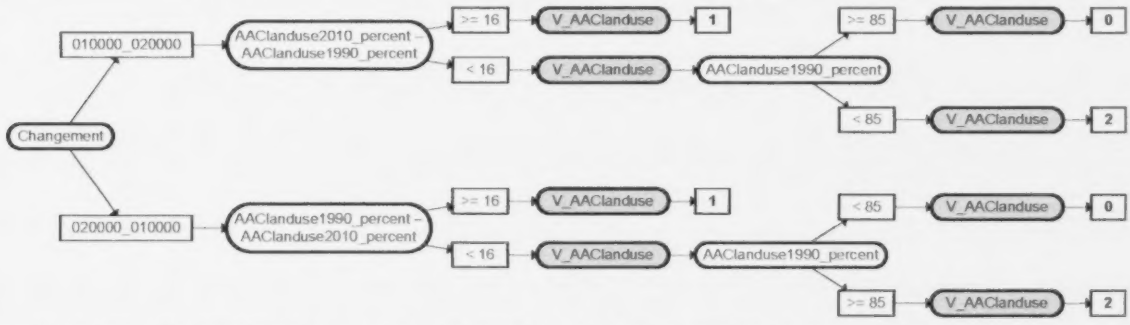
La présence – avant validation – de plusieurs secteurs qui passeraient de la classe des surfaces artificielles à celle des terres agricoles suggère un problème de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier en ce qui a trait à la délimitation de ces types de terrain. Il s'avère que la façon de délimiter ces terrains a différé entre le 3e et le 4e inventaire (section 2.1 et encadré 2.1.1, p. 34). Notamment, dans le 4e inventaire, les bâtiments agricoles et les habitations situés le long des routes de campagne sont le plus souvent inclus dans le polygone de terres agricoles adjacent, alors que ces espaces étaient codés en tant qu'« Habitations » dans le 3e inventaire[24]. Cette différence de méthodologie donne lieu à de faux polygones de changement représentant une végétalisation de surfaces artificielles.

La différenciation entre les terrains qui correspondent aux terres agricoles et aux surfaces artificielles qui a été faite au 3e inventaire montre souvent une représentation plus exacte et précise de la couverture terrestre, bien que les bâtiments et les habitations qui bordent les routes de campagne ne forment pas toujours des « étendues où les surfaces artificielles prédominent » (Tableau AII.1, p. 154). De plus, la différenciation des classes d'utilisation des terres d'AAC regroupées dans les grandes classes « milieux végétaux » et « surfaces artificielles » s'apparente davantage à la distinction faite au 3e inventaire. Ainsi, c'est la couverture terrestre au temps 1 (*t1*) qui est modifiée si le changement est invalidé et que la carte d'utilisation des terres de 1990 confirme la couverture terrestre à *t0*. La figure AI.6.1.1 (page suivante) montre de quelle manière l'écart entre les pourcentages de superposition avec le milieu végétal en 1990 et en 2010 et le pourcentage de superposition pour 1990 sont comparés à des seuils pour valider les polygones de changement visés (l'encadré AI.6.1.1, p. 124, décrit les règles de validation en détail).

24. André LAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle.

Figure AI 6.1.1

Modèle décisionnel pour assigner une valeur à l'attribut « V_AAClanduse » des polygones de diminution ou d'augmentation de surfaces artificielles au profit ou au détriment de terres agricoles, selon la méthode basée sur les cartes d'utilisation des terres d'Agriculture et Agroalimentaire Canada



Note : Les boîtes arrondies représentent les attributs de la couche des changements de couverture terrestre utilisés pour la validation, soit l'attribut de changement, l'écart entre les pourcentages de superposition des polygones de changement avec le milieu végétal en 1990 et en 2010 (« AAClanduse1990_percent » - « AAClanduse2010_percent », ou l'inverse), le pourcentage de superposition pour 1990 (« AAClanduse1990_percent »), ainsi que l'attribut de validation « V_AAClanduse » (boîtes grises). Les boîtes rectangulaires renvoient aux seuils appliqués (en pourcentage) ou à la valeur assignée à l'attribut de validation « V_AAClanduse ». Un polygone de changement est validée par la méthode lorsque son attribut de validation a la valeur « 1 ».

Les seuils sont établis statistiquement en tenant compte de la variabilité dans l'occupation des secteurs agricole ou artificiel des cartes écoforestières par le milieu végétal selon les cartes d'AAC, ainsi que pour différencier le plus clairement possible les surfaces artificielles et les terres agricoles à l'aide des cartes d'AAC. Plus particulièrement, l'analyse qui mène au seuil d'écart vise à éviter de considérer comme non valides les vrais changements. Une couche de « non-changement » a d'abord été produite : il s'agit de la couche de couverture terrestre à *t1*, après que les polygones de changement en ont été soustraits (la même couche de non-changement aurait été obtenue à partir de la couche de couverture terrestre à *t0*). L'intersection spatiale de la couche des polygones de milieu végétal et de la couche de non-changement permet de mesurer le degré de correspondance entre les polygones de milieu végétal et les polygones de terre agricole ou de surface artificielle. Les seuils sont fixés à l'aide des pourcentages de superposition moyens avec le milieu végétal en 1990 et en 2010.

La fixation des seuils se base sur les percentiles de la distribution des pourcentages de superposition des terres agricoles et des surfaces artificielles de la couche de non-changement avec les polygones de milieu végétal[25]. L'usage des percentiles permet de tenir compte de la dispersion des valeurs de pourcentage de superposition autour de la médiane et d'éviter ainsi, dans la mesure du possible, d'invalider les vrais changements. Le 15e percentile du pourcentage de superposition des terres agricoles avec les polygones de milieu végétal, *pondéré* en fonction de la superficie des polygones de terre agricole, est de 93 %. Autrement dit, les polygones de terre agricole qui représentent 85 % de la superficie des terres agricoles communes au 3e et au 4e inventaire écoforestier ont un pourcentage de superposition de plus de 93 % avec les polygones de milieu végétal. De même, les polygones de surface artificielle qui représentent 85 % de la superficie des surfaces artificielles communes au 3e et au 4e inventaire ont un pourcentage de superposition de moins de 77 % avec les polygones de milieu végétal (85e percentile pondéré du pourcentage de superposition des surfaces artificielles avec le milieu végétal). Le seuil d'écart de 16 % est la différence entre ces deux pourcentages, tandis que le seuil de 85 % est le point milieu entre ceux-ci[26].

25. La sous-section suivante, relative à la méthode de validation basée sur l'indice NDVI (méthode B), offre des explications supplémentaires à propos de l'usage des percentiles de distribution pour fixer les seuils.

26. La différence entre les percentiles plus extrêmes des distributions de pourcentages de superposition (les 5e et 10e percentiles pour les terres agricoles et les 95e et 90e percentiles pour les surfaces artificielles) donnait un résultat négatif et ne pouvait donc pas servir à établir le seuil d'écart.

Encadré AI.6.1.1

Règles pour la validation des polygones de diminution ou d'augmentation de surfaces artificielles au profit ou au détriment de terres agricoles, à l'aide des cartes d'utilisation des terres d'AAC

La méthode s'applique aux polygones qui représentent un changement, dans l'une des deux directions, entre surfaces artificielles et terres agricoles. Ils correspondent à cette sélection.

Changement = '010000_020000' OR Changement = '020000_010000'

Un polygone qui représente une diminution de surfaces artificielles au profit de terres agricoles est considéré comme valide lorsque la différence entre son pourcentage de superposition avec le milieu végétal en 2010 et son pourcentage de superposition avec le milieu végétal en 1990 est plus grande ou égale à 16 % ; cela indique une variation suffisamment grande de la portion du polygone occupée par le milieu végétal pour reconnaître le changement. La valeur « 1 » est alors assignée au champ « V_AAClanduse » (voir figure AI.6.1.1).

Le polygone est considéré comme invalide lorsque cette différence est inférieure à 16 %. Dans ce cas, la valeur attribuée à « V_AAClanduse » dépend du pourcentage de superposition avec le milieu végétal en 1990. Un pourcentage plus grand ou égal à 85 % suggère que la couverture était déjà agricole au début de la période : la valeur « 0 » est assignée au champ « V_AAClanduse » (la couche de couverture terrestre à *t0* est mise à jour à l'intérieur du secteur visé). Un pourcentage inférieur à 85 % confirme que la surface était artificielle au début de la période : la valeur « 2 » est alors assignée à « V_AAClanduse » (c'est la couche de couverture terrestre à *t1* qui est mise à jour).

Pour ce qui est d'un polygone qui représente une augmentation de surfaces artificielles au détriment de terres agricoles (ou de l'étalement urbain sur terres agricoles), il est considéré comme étant valide lorsque la différence entre son pourcentage de superposition avec le milieu végétal en 1990 et celui avec le milieu végétal en 2010 est plus grande ou égale à 16 %. De plus, le changement est rejeté si cet écart est inférieur à 16 %. La valeur « 0 » est alors attribuée à « V_AAClanduse » lorsque le pourcentage de superposition avec le milieu végétal en 1990 est inférieur à 85 % (la surface était artificielle au début de la période) ; la valeur « 2 », lorsqu'il est supérieur à 85 % (la surface était effectivement agricole au début de la période et la couche de couverture terrestre à *t1* est mise à jour).

Cette méthode de validation distingue efficacement les faux des vrais changements : l'effet de son application sur les polygones qui représentent une végétalisation de surfaces artificielles (près de 100 % de la superficie de changement rejetée) est plus important que son effet sur les polygones qui représentent l'étalement de surfaces artificielles sur des terres agricoles (72 % de la superficie rejetée), ce qui est conforme aux tendances considérées comme improbables ou probables (tableau AI.6.3.1, p. 145). Les lignes de transport d'énergie, qui forment le plus souvent des corridors de végétation basse, représentent un cas particulier. Les changements relatifs à ces terrains observés à l'aide des mosaïques d'images satellites Landsat (1984-1987) et RapidEye (2010-2013) correspondent à l'élargissement des corridors ou à la construction de nouveaux tronçons de ligne. Sur les cartes écoforestières, ces lignes peuvent être distinguées en tant que telles (catégorie « LTE » du code de terrain) et être classées comme des surfaces artificielles, ou être intégrées à des polygones de terres agricoles ou de surfaces naturelles. Dans ces secteurs, la présente méthode invalide 100 % des polygones qui représentent le cas improbable de la disparition d'une ligne de transport d'énergie, mais aussi 94 % de ceux qui représentent la création ou l'élargissement d'une ligne. Ce taux élevé d'invalidation de changements pourtant possibles pourrait refléter le maintien de l'utilisation agricole des terres après la construction d'une ligne de transport d'énergie (voir la figure AI.11.3, p. 152).

B. Validation des changements entre surfaces artificielles et surfaces naturelles à l'aide de l'indice NDVI

Cette méthode utilise les polygones de végétation NDVI créés à partir des images satellites Landsat de l'USGS (section AI.5.2). Ces polygones correspondent aux surfaces où la végétation est relativement dense et vigoureuse, tandis que les surfaces en dehors de ceux-ci incluent les surfaces à nu, les terres agricoles à nu et les surfaces d'eau. La méthode est appliquée aux polygones de changement qui représentent une diminution de surfaces artificielles au profit de surfaces naturelles – qui, dans le cadre de cette méthode, regroupent les milieux humides forestiers (excluant les sites inondés), les milieux humides herbacés ou arbustifs et les forêts –, ou une augmentation de surfaces artificielles au détriment de surfaces naturelles. Les polygones de végétation NDVI pour le début (*t0*) et la fin de la période (*t1*) sont comparés spatialement aux polygones visés de manière à confirmer ou à infirmer le changement de couverture terrestre entre *t0* et *t1*.

Cette méthode, analogue à la méthode basée sur les cartes d'utilisation des terres d'AAC (méthode A, p. 122), s'appuie sur le pourcentage de superposition des polygones de changement avec les polygones de végétation NDVI pour *t0* et *t1*. Un pourcentage de superposition élevé signifie que la couverture est végétale, tandis qu'un pourcentage plus faible signifie qu'elle est artificielle. Ainsi, lorsque l'écart entre les pourcentages de superposition pour *t0* et *t1* dépasse un certain seuil, le changement de couverture est validé ; lorsqu'il est en deçà de ce seuil, le changement est rejeté. Dans ce cas, la décision quant à la couche de couverture terrestre à mettre à jour (celle à *t0* ou celle à *t1*) dépend du pourcentage de superposition avec le milieu végétal à *t0* (section AI.8).

Les résultats du projet pilote pour la région de la Chaudière-Appalaches avaient mis en exergue le problème de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier au regard de la délimitation entre surfaces artificielles et surfaces naturelles. Par exemple, selon ces résultats préliminaires, la superficie sur laquelle se produisait une diminution de surfaces artificielles au profit de forêts était du même ordre de grandeur, bien que légèrement moins grande, que celle sur laquelle se produisait une augmentation de surfaces artificielles au détriment de forêts[27]. La figure AI.6.1.3 (p. 132) présente une illustration, pour le secteur de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec, de zones de (faux) changement entre surfaces artificielles et surfaces naturelles qui peuvent causer ces résultats inattendus.

Ces fausses zones de changement entre surfaces artificielles et surfaces naturelles sont causées par des différences méthodologiques entre le 3e et le 4e inventaire. Les deux inventaires montrent des différences dans la méthode employée pour délimiter les terrains dits à vocation non forestière (attribués aux surfaces artificielles). Au 3e inventaire, il arrivait que ces terrains soient délimités en fonction de l'affectation des terres et non pas en fonction de la couverture terrestre[28] (encadré 2.1.1, p. 34). De plus, la façon d'interpréter les peuplements forestiers a évolué entre les deux inventaires. Au 4e inventaire, les peuplements sont interprétés strictement en fonction de critères d'aire minimale et de largeur minimale d'interprétation et en fonction d'une définition des terrains forestiers productifs basée sur un critère de couverture terrestre : les terrains dont la densité du couvert forestier est de 25 % ou plus sont considérés comme des forêts. Ainsi, il arrive que sur la carte du 4e inventaire les peuplements recouvrent par endroits des tronçons de route, des constructions ou de petits terrains sans arbres.

Par ailleurs, quelques erreurs évidentes d'attribution de la catégorie de terrain ont été décelées dans la carte du 4e inventaire. Par exemple, un secteur densément construit de plus de 4 km² dans la municipalité de Rimouski a été classé en tant que peuplement forestier. En conséquence, un polygone de changement d'une grande superficie indique une transition d'une surface artificielle à une forêt qui s'avère être fausse. La découverte d'une telle erreur suggère la présence d'erreurs similaires ailleurs dans la couche de couverture terrestre à *t1*. La méthode basée sur l'indice NDVI aborde ces différentes erreurs. Comme celle basée sur les cartes d'utilisation des terres

27. Voir ULIDE et LEBLANC (2014), figure 10, p. 70.
28. André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle.

d'AAC (méthode A), la présente méthode peut mener à la mise à jour de la couche de couverture terrestre à *t0* ou à *t1* vis-à-vis des polygones de changement visés. Les bases de cette méthode avaient été discutées au sein du Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional.

La section AI.5.2 explique comment les couches de polygones de végétation d'après dix seuils de l'indice NDVI pour des années proches des années de prise de vue du 3e et du 4e inventaire ont été créées à l'aide des images satellites Landsat de l'USGS. La couche utilisée pour valider un type de changement donné est celle dont le seuil de l'indice NDVI discrimine le mieux entre la classe de surface naturelle concernée et celle des surfaces artificielles. L'intersection de la couche des polygones de végétation NDVI retenue et de la couche des changements de couverture terrestre permet de mesurer la superficie de chaque polygone de changement qui se superpose aux polygones de végétation. De là, le pourcentage de superficie « végétalisée » du polygone de changement peut être calculé.

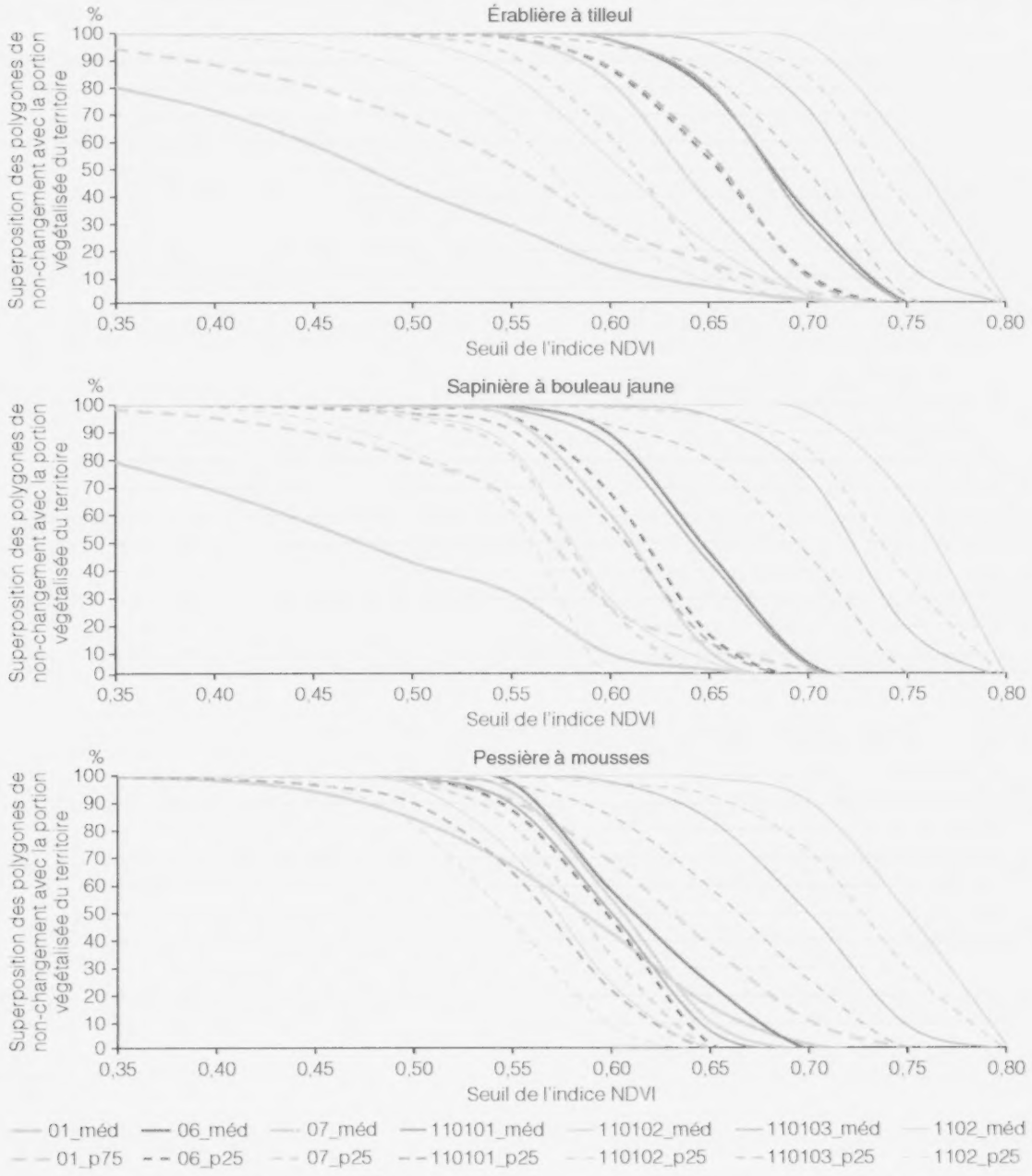
La couche de couverture terrestre exempte des zones de changement (couche de « non-changement », voir p. 123) a servi à « paramétrer » la méthode, c'est-à-dire à définir les seuils de façon à ce qu'ils soient cohérents avec les données écoforestières et respectent leur objectivité : seuils pour l'indice NDVI, seuils pour l'écart entre les pourcentages de superposition des polygones de changement avec les polygones de végétation NDVI à *t0* et à *t1* et seuils pour le pourcentage de superposition avec les polygones de végétation NDVI à *t0*. Puisque la qualité de la végétation telle que captée par l'indice NDVI varie en fonction du type de végétation et de l'axe nord-sud, des seuils sont définis pour chaque classe de « surface naturelle » (milieux humides, forêts) et chaque domaine bioclimatique[29] (tableau AI.6.1.2, p. 129). Autrement dit, quel seuil de l'indice NDVI, quel seuil d'écart et quel seuil de superposition permettent, au regard de la variabilité dans l'occupation par le milieu végétal des secteurs naturel ou artificiel des données écoforestières, de reconnaître les transitions plausibles et de différencier avec le plus de précision possible le caractère naturel ou artificiel d'un secteur ?

L'intersection spatiale de la couche de non-changement et de chaque couche de végétation NDVI pour *t0* et *t1* permet de mesurer la corrélation spatiale qui existe entre les différentes classes de couverture terrestre et les polygones de végétation NDVI. L'analyse statistique qui mène à la fixation des seuils utilise les pourcentages de superposition moyens des polygones de non-changement avec les polygones de végétation NDVI à *t0* et à *t1*. Les percentiles de la distribution des pourcentages de superposition, *pondérés* en fonction de la superficie des polygones de non-changement, sont calculés par classe de couverture terrestre et par domaine bioclimatique et pour chacun des dix seuils de l'indice NDVI. La figure AI.6.1.2 présente la médiane (présumée élevée) et le 25e percentile pour chaque classe de surface naturelle et la médiane (présumée faible) et le 75e percentile pour les surfaces artificielles, pour trois domaines bioclimatiques.

29. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, *Niveaux du système hiérarchique de classification écologique*, juin 2016. Voir aussi MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, *Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec*, [En ligne]. [www.mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/inventaire_zones-carto.jsp] (Consulté le 1er décembre 2016). Le territoire d'étude des comptes des terres touche aux six domaines bioclimatiques les plus au sud.

Figure AI 6.1.2

Graphiques de la médiane et du 25e ou 75e percentile du pourcentage de superposition des polygones des six classes de couverture terrestre « naturelles » et de la classe des surfaces artificielles avec la portion végétalisée du territoire, pondérés en fonction de la superficie des polygones, selon dix seuils de l'indice NDVI, pour trois des six domaines bioclimatiques du territoire d'étude



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016, et des images Landsat de l'*United States Geological Survey*; ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Niveaux supérieurs du système hiérarchique de classification écologique, juin 2016.

Dans chacun des cas pour les percentiles les plus extrêmes (en commençant par le 5e percentile pour les surfaces naturelles et le 95e percentile pour les surfaces artificielles), le seuil de l'indice NDVI choisi est celui qui maximise l'écart entre le percentile de la classe de surface naturelle et celui des surfaces artificielles, pourvu que cet écart est plus grand ou égal à 10 %[30]. Si l'écart est négatif ou inférieur à 10 %, la différence entre les percentiles suivants est examinée (10e et 90e percentiles, et ainsi de suite) et le seuil NDVI est choisi en conséquence. Dans les graphiques de la figure AI.6.1.2, l'écart entre les 25e et 75e percentiles serait représenté par la distance verticale entre la courbe de percentile d'une classe de surface naturelle donnée et celle des surfaces artificielles. Cet écart tend à diminuer pour les domaines bioclimatiques plus au nord ou pour les forêts de conifères et les milieux où la végétation est plus clairsemée. Pour ces classes de couverture, la confusion avec les surfaces artificielles est plus grande et il est nécessaire d'utiliser des mesures de dispersion plus proches de la médiane pour calculer l'écart. Le seuil d'écart correspond à l'écart entre les deux courbes pour le seuil NDVI choisi.

De plus, un seuil de pourcentage de superposition des polygones de changement avec les polygones de végétation NDVI à *t0* a été fixé pour chaque classe de surface naturelle et chaque domaine bioclimatique. Étant donné le seuil choisi pour l'indice NDVI, ce seuil correspond au point milieu entre le percentile de la distribution des pourcentages de superposition de la classe de surface naturelle et celui des surfaces artificielles. Après une série d'essais statistiques, cette technique pour déterminer les seuils de validation s'est avérée être la plus précise et la plus objective. Le tableau AI.6.1.2 (p. 129) montre les seuils pour chaque classe de couverture terrestre « naturelle » et pour chaque domaine bioclimatique du territoire d'étude.

Par exemple, la validation d'un polygone de changement situé dans le domaine bioclimatique de l'érablière à caryer cordiforme qui indique une transition d'une surface artificielle à un milieu humide forestier appelle la couche des polygones de végétation créée à l'aide du seuil de 0,50 de l'indice NDVI. Si la différence entre les pourcentages de superposition du polygone de changement avec le milieu végétal NDVI à *t1* et à *t0* est inférieure à 18 %, il n'est pas valide, car l'augmentation du couvert végétal est insuffisante. De plus, si le pourcentage de superposition du polygone avec le milieu végétal à *t0* est inférieur à 81 %, le caractère artificiel de la couverture à *t0* est confirmé et la carte de couverture terrestre à *t1* sera ajustée à cet endroit. L'encadré AI.6.1.2 (p. 130) résume la méthode de validation à l'aide de l'indice NDVI.

30. La limite de 10 % pour la différence entre le percentile des classes de surface naturelle et celui des surfaces artificielles est basée sur l'observation des quelque deux cents plus grands polygones de changement (voir la section AI.7).

Tableau AI.6.1.2

Seuils de l'indice NDVI pour la définition des polygones de végétation, seuils pour l'écart entre les pourcentages de superposition des polygones de changement avec les polygones de végétation NDVI à *t0* et à *t1* et seuils du pourcentage de superposition avec les polygones de végétation NDVI à *t0*, par domaine bioclimatique et pour chaque classe de couverture terrestre « naturelle »

Domaine bioclimatique	Milieux humides forestiers (06)			Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)			Forêts de conifères à couvert fermé (110101)			Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)			Forêts mixtes à couvert fermé (110103)			Forêts à couvert ouvert (1102)		
	NDVI	Écart	Superposition à *t0*	NDVI	Écart	Superposition à *t0*	NDVI	Écart	Superposition à *t0*	NDVI	Écart	Superposition à *t0*	NDVI	Écart	Superposition à *t0*	NDVI	Écart	Superposition à *t0*
		%	%		%	%		%	%		%	%		%	%		%	%
Érablière à caryer cordiforme	0,50	18	81	0,50	25	73	0,55	31	72	0,60	19	64	0,60	22	65	0,45	17	71
Érablière à tilleul	0,55	10	84	0,55	20	78	0,55	12	85	0,65	16	56	0,55	17	88	0,50	18	77
Érablière à bouleau jaune	0,55	16	81	0,55	14	79	0,55	16	86	0,70	39	46	0,60	21	78	0,55	11	78
Sapinière à bouleau jaune	0,60	27	47	0,55	16	74	0,60	16	42	0,65	60	54	0,60	31	60	0,50	16	79
Sapinière à bouleau blanc	0,55	17	88	0,55	13	77	0,55	17	79	0,70	39	34	0,55	12	92	0,50	11	84
Pessière à mousses	0,55	11	87	0,55	14	84	0,55	14	79	0,70	22	37	0,65	21	49	0,50	12	90

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016, et des images Landsat de l'*United States Geological Survey*; ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Niveaux supérieurs du système hiérarchique de classification écologique, juin 2016.

Encadré AI.6.1.2

Règles pour la validation des polygones de diminution ou d'augmentation de surfaces artificielles au profit ou au détriment de surfaces naturelles (milieux humides forestiers – sauf les sites inondés –, milieux humides herbacés ou arbustifs, forêts), à l'aide de l'indice NDVI

La règle s'applique aux polygones qui indiquent un changement, dans les deux directions, entre surfaces artificielles et surfaces naturelles (milieux humides forestiers – sauf les sites inondés –, milieux humides herbacés ou arbustifs, forêts) :

(Changement in ('060000_010000','070000_010000','110101_010000','110102_010000','110103_010000', '110200_010000') OR Changement in ('010000_060000','010000_070000','010000_110101','010000_110102','010000_110103','010000_110200')) AND (TER_CO <> 'INO' OR TER_CO is null) AND (CO_TER <> 'INO' OR CO_TER is null)

Les polygones qui indiquent une diminution de surfaces artificielles au profit de surfaces naturelles sont considérés comme valides lorsque la différence entre le pourcentage de superposition avec les polygones de végétation pour *t1* définis selon un seuil *x* de l'indice NDVI et le pourcentage de superposition avec les polygones de végétation pour *t0* définis selon le même seuil NDVI est plus grand ou égal à un seuil d'écart *y* (la valeur des seuils est spécifiée dans le tableau AI.6.1.2, par classe de surface naturelle et par domaine bioclimatique). La valeur « 1 » est alors assignée au champ « V_NDVI » (voir tableau AI.6.1.3, ci-dessous).

Lorsque cette différence est inférieure au seuil *y*, le polygone de changement est rejeté et la couche de couverture terrestre à *t0* ou à *t1* est mise à jour. Si le pourcentage de superposition du polygone de changement avec le milieu végétal à *t0* est plus grand ou égal au seuil de superposition *z*, alors la surface n'était pas artificielle au début de la période : la valeur « 0 » est attribuée à « V_NDVI » et la couche de couverture terrestre à *t0* est modifiée à l'intérieur du secteur visé. Si le pourcentage de superposition est inférieur à *z*, alors le caractère artificiel de la couverture en début de période est confirmé, la valeur « 2 » est attribuée à « V_NDVI » et la couche de couverture à *t1* est mise à jour.

En ce qui concerne les polygones qui indiquent une augmentation de surfaces artificielles au détriment de surfaces naturelles, ils sont validés et la valeur « 1 » est attribuée à « V_NDVI » lorsque la différence entre le pourcentage de superposition avec les polygones de végétation pour *t0* définis selon un seuil NDVI *x* et le pourcentage de superposition avec les polygones de végétation pour *t1* est plus grand ou égal à *y*. Dans le cas contraire, le polygone de changement est rejeté ; par la suite, si le pourcentage de superposition du polygone avec le milieu végétal à *t0* est inférieur au seuil *z*, la valeur « 0 » est assignée à « V_NDVI » et la carte de couverture terrestre à *t0* est mise à jour, mais si le pourcentage de superposition avec le milieu végétal à *t0* est supérieur à *z*, la valeur « 2 » est attribuée à ce champ et la carte de couverture terrestre à *t1* est mise à jour.

Tableau AI.6.1.3

Valeur assignée à l'attribut « V_NDVI » des polygones de diminution ou d'augmentation des surfaces artificielles au profit ou au détriment de surfaces naturelles (milieux humides forestiers – sauf les sites inondés –, milieux humides herbacés ou arbustifs, forêts) selon la méthode de l'indice NDVI[1]

Type de changement	Écart entre pourcentages de superposition avec polygones de végétation définis selon seuil *x* de l'indice NDVI		Pourcentage de superposition avec polygones de végétation pour *t0* défini selon seuil *x* de l'indice NDVI	Valeur de « V_NDVI »
	t1 – t0	*t0 – t1*		
	%	%	%	
surfaces artificielles	≥ *y*			1
→	< *y*		≥ *z*	0
surfaces naturelles	< *y*		< *z*	2
surfaces naturelles		≥ *y*		1
→		< *y*	< *z*	0
surfaces artificielles		< *y*	≥ *z*	2

1. Le modèle décisionnel résumé au tableau AI.6.1.3 est analogue à celui schématisé à la figure AI.6.1.1 (p. 123) pour la méthode basée sur les cartes d'utilisation des terres d'AAC (méthode A).

L'application de la méthode basée sur l'indice NDVI peut introduire de nouvelles erreurs dans les estimations de changement. Ces erreurs se produisent principalement si l'image satellite de l'USGS pour le début de la période est plus récente que l'année de prise de vue du 3e inventaire écoforestier ou si celle pour la fin de la période est plus ancienne que l'année de prise de vue du 4e inventaire. Par exemple, un polygone qui indique une transition d'une surface naturelle à une surface artificielle peut être rejeté par erreur si l'artificialisation de la surface naturelle s'est produite après la prise de vue du 3e inventaire, mais avant l'année de capture de l'image USGS. Cette situation mènerait à une sous-estimation de l'artificialisation des surfaces naturelles. De même, un polygone qui indique une transition d'une surface artificielle à une surface naturelle peut être rejeté par erreur si la surface artificielle a été renaturalisée avant la prise de vue du 4e inventaire, mais après l'année de capture de l'image USGS. Dans ce cas, le retour des surfaces artificielles à un état naturel serait sous-estimé. Pour éviter ces situations, les images plus anciennes étaient préférées aux plus récentes lors de la sélection des images de l'USGS pour *t0* et les plus récentes préférées aux plus anciennes lors de la sélection des images pour *t1* (section AI.5.2).

Par rapport à la superficie des polygones de changement visés par la méthode, les changements plus improbables sont davantage invalidés : 86 % de la superficie de végétalisation de surfaces artificielles est invalidée, contre 51 % de la superficie d'artificialisation de surfaces naturelles (voir tableau AI.6.3.1, p. 145). La méthode est moins efficace dans le cas des changements qui impliquent des milieux humides herbacés ou arbustifs, des forêts de conifères et des forêts à couvert ouvert ou qui se situent dans les domaines bioclimatiques plus au nord, car la moins grande densité, ou « vigueur », de la végétation dans ces milieux rend la confusion plus probable avec les surfaces artificielles. Autrement dit, les polygones de végétation NDVI représentent moins précisément ces milieux. Cependant, les changements visés par la méthode, qui impliquent les surfaces artificielles, sont moins susceptibles de se produire dans ces secteurs. La figure AI.6.1.3 (page suivante) montre l'effet de la méthode NDVI sur les changements entre surfaces artificielles et surfaces naturelles dans le secteur de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec.

La fin de la sous-section précédente, qui traite de la méthode basée sur les cartes d'utilisation des terres d'AAC, abordait le cas particulier des lignes de transport d'énergie. Parmi les polygones qui correspondent au cas improbable de la disparition d'une ligne de transport d'énergie, 87 % sont invalidés par la présente méthode. De plus, celle-ci invalide 77 % des polygones qui en représentent la création ou l'élargissement. À la différence de ce qui peut se produire en milieu agricole, la création d'une nouvelle ligne de transport d'énergie en milieu forestier affecte véritablement la couverture dans ce secteur, car la végétation est régulièrement coupée sous les pylônes et les câbles. En contrepartie, il se pourrait qu'un changement validé par l'indice NDVI ne reflète pas la création d'une nouvelle surface artificielle, mais plutôt l'entretien de la végétation basse à l'intérieur du corridor.

Figure AI.6.1.3
Carte des polygones de changement entre surfaces artificielles et surfaces naturelles validés et invalidés par la méthode basée sur l'indice NDVI, secteur de l'Aéroport international Jean-Lesage de Québec (1990-2002)

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

C. Validation des diminutions de surfaces artificielles, de terres agricoles, de milieux humides herbacés ou arbustifs, de plans et cours d'eau intérieure ou de forêts à couvert ouvert au profit de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé, sur la base de l'âge des peuplements

Cette méthode utilise une règle pour invalider certains polygones de changement erronés sur la base de la classe d'âge du peuplement forestier dans le 4e inventaire écoforestier. Elle est appliquée aux polygones qui représentent une diminution de surfaces artificielles, de terres agricoles, de milieux humides herbacés ou arbustifs, de plans et cours d'eau intérieure ou de forêts à couvert ouvert au profit de forêts à couvert fermé ou de milieux humides forestiers (excluant les sites inondés, pour lesquels la classe d'âge n'est pas spécifiée)[31]. Certains polygones indiquent un changement d'une couverture terrestre non forestière vers une forêt (ou vers un milieu humide forestier) de 21 ans ou plus, ce qui est une erreur. Autrement dit – et sur la base de l'hypothèse qui stipule que la carte du 4e inventaire est fiable (section 2.6) – une forêt de 21 ans ou plus lors du 4e inventaire ne pouvait pas être autre chose qu'une forêt lors du 3e inventaire, une dizaine d'années auparavant. Ces erreurs peuvent être causées par des différences dans la façon d'interpréter les peuplements forestiers entre le 3e et le 4e inventaire et dans la façon de délimiter les terrains attribués à la classe des surfaces artificielles (encadré 2.1.1, p. 34)[32].

31. La méthode basée sur l'âge des peuplements est aussi appliquée aux polygones qui représentent une diminution de sites inondés, classés comme des milieux humides forestiers, au profit de forêts.

32. Les polygones de diminution de surfaces artificielles au profit de forêts à couvert fermé ou de milieux humides forestiers sont validés à la fois par la présente méthode, basée sur l'âge des peuplements, et par la méthode B, qui utilise l'indice NDVI. Pour être considéré comme valide, un polygone donné doit l'être selon les deux méthodes.

La méthode basée sur l'âge des peuplements provient d'une idée émise lors des rencontres du Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional. L'examen de la norme de photo-interprétation du 4e inventaire et de la signification des codes de classes d'âge a permis de définir la règle de validation qui sous-tend cette méthode (encadré AI.6.1.3). Un spécialiste de la Direction des inventaires forestiers (DIF) du MFFP a été consulté pour améliorer la compréhension des codes de classes d'âge[33], pour nuancer la façon dont les forêts (et les milieux humides forestiers) ont été interprétées dans le cadre du 3e et du 4e inventaire, et pour cerner les possibilités de succession jusqu'au stade d'une forêt de 21 ans ou plus.

Encadré AI.6.1.3

Règle pour la validation des polygones de diminution de surfaces artificielles, de terres agricoles, de milieux humides herbacés ou arbustifs, de plans et cours d'eau intérieure et de forêts à couvert ouvert (et de sites inondés) au profit de milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) ou de forêts à couvert fermé, à l'aide du code de la classe d'âge du 4e inventaire écoforestier

La règle s'applique aux polygones de changement qui indiquent une diminution d'une classe de couverture terrestre autre que milieu humide forestier (mais pouvant être des sites inondés) et autre que forêt à couvert fermé au profit d'un milieu humide forestier (excluant les sites inondés) ou d'une forêt à couvert fermé. Ils correspondent à cette sélection.

(Changement LIKE '%060000' OR Changement LIKE '%1101__') AND TER_CO <> '' AND CO_TER IS NULL AND NOT Changement LIKE '000000%'

Il suffit que le premier nombre à deux chiffres du code de la classe d'âge du 4e inventaire écoforestier indique une forêt de 21 ans ou plus pour que le polygone soit rejeté[7]. Une forêt qui a moins de 21 ans a un code de classe d'âge qui commence par « 10 » ou qui correspond à la valeur nulle.

Les polygones de changement qui correspondent à la sélection suivante sont donc *invalides*. Le code « 0 » est attribué au champ « V_AGE » de ces polygones. Le code « 1 » est assigné aux polygones valides selon cette règle.

NOT (CL_AGE LIKE '10%' OR CL_AGE IS NULL)

7. Les jeunes peuplements catégorisés comme « inéquiens de structure régulière » (« Jin ») ou « de structure irrégulière » (« Jir ») sont considérés comme ayant plus de 20 ans. En effet, ces jeunes peuplements ressemblent davantage à des forêts de 30 ou 50 ans qu'à des forêts de 10 ans (André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle).

Le résultat de l'application de la règle a été vérifié à l'aide des mosaïques d'images satellites Landsat (1984-1987) et RapidEye (2010-2013). Ce travail a consisté à observer la mosaïque des années 1980 à l'intérieur des zones délimitées par les polygones de changement. Le rendu des pixels s'apparente-t-il à celui de la forêt environnante ou plutôt à celui, par exemple, de la terre agricole ? S'il s'apparente à celui de la forêt, cela signifie que la forêt existait déjà avant le 3e inventaire écoforestier et qu'il n'y a pas eu de changement (à noter cependant que la distinction des teintes n'était pas toujours évidente). La comparaison des mosaïques des années 1984-1987 et 2010-2013 a aussi aidé à évaluer la validité du changement. Le résultat de l'application de la règle est généralement juste dans les cas observés : lorsqu'un polygone indique une transition vers une forêt de 21 ans ou plus, il apparaît plus souvent que la forêt était déjà présente avant le 3e inventaire. Inversement, pour la plupart des polygones qui indiquent une transition vers une forêt de moins de 21 ans, la mosaïque des années 1980 suggère que la forêt n'existait pas avant le 3e inventaire (la méthode invalide 75 % de la superficie des changements visés, tableau AI.6.3.1, p. 145).

33. La classe d'âge définit la structure et l'âge du peuplement. Son code est constitué d'au plus cinq caractères. Lorsque le peuplement est de structure étagée, il comprend deux nombres à deux chiffres. Le premier nombre se rapporte à l'étage du peuplement qui compose la plus grande part du couvert (André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle). La règle a été établie en fonction du premier nombre à deux chiffres.

Toutefois, cette méthode peut engendrer de nouvelles erreurs, puisqu'un peuplement au sens de l'inventaire écoforestier peut contenir une partie qui diffère en âge du reste du peuplement. En effet, l'aire minimale d'interprétation pour un « peuplement [...] qui se distingue d'un autre peuplement par [...] son âge [...] » est de 4 ha[34]. Puisque les polygones de changement sont issus de l'intersection de la carte du 3e et du 4e inventaire, ils correspondent souvent à une partie d'un peuplement. Si sa superficie est inférieure à 4 ha, cette partie pourrait avoir un âge différent de celui indiqué par la classe d'âge : par exemple, un peuplement dont la classe d'âge indique une forêt de 21 ans ou plus pourrait inclure une zone qui n'aurait que 10 ans.

Ces erreurs ont surtout été observées en bordure de terres agricoles : l'observation de la mosaïque RapidEye à l'intérieur du contour de certains polygones de changement a révélé des surfaces où une zone de forêt qui semblait plus jeune en côtoyait qui semblaient plus vieilles. La forêt aurait crû peu à peu sur la terre agricole adjacente. Dans ce cas, il s'agirait d'un réel changement, les zones de forêt jeune en bordure de la terre agricole ayant « gagné l'accès » au peuplement adjacent. Le rejet de ce polygone serait une erreur qui causerait une sous-estimation de la diminution des terres agricoles au profit de la forêt. Autrement dit, à moins de constituer un nouvel îlot à l'intérieur d'un terrain non boisé (comme une terre agricole), la progression de la forêt à coups de superficie de moins de 4 ha en bordure d'un tel terrain pourrait ne pas être enregistrée par les comptes des terres. Il est à noter que l'erreur inverse est aussi possible[35]. Cette nouvelle erreur est jugée inférieure à l'erreur corrigée.

D. Validation des diminutions de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé au profit de terres agricoles, sur la base de la perturbation d'origine et de l'âge du peuplement

Cette méthode sert à invalider certains polygones erronés qui représentent une diminution de milieux humides forestiers (excepté les sites inondés) ou de forêts au profit de terres agricoles sur la base de « la perturbation d'origine » et de l'âge du peuplement au 3e inventaire écoforestier[36]. Les polygones de changement où le 3e inventaire indique une friche de moins de 21 ans sont invalidés (une friche étant enregistrée comme une perturbation d'origine). Au 3e inventaire, les photo-interprètes avaient une plus grande propension à délimiter des friches à l'intérieur ou en bordure de zones agricoles. Notamment, des terres en jachère pouvaient être interprétées comme telles[37]. Or, le cas où une terre agricole a été laissée en jachère pour devenir ce que le 3e inventaire pouvait interpréter comme une friche pour ensuite redevenir une terre agricole ne devrait pas être considéré comme une transition d'une forêt (ou d'un milieu humide forestier) à une terre agricole. Le traitement basé sur la perturbation d'origine et l'âge corrige ces situations.

L'observation des polygones de changement de la région de la Capitale-Nationale qui représentent une diminution des milieux humides forestiers ou des forêts au profit des terres agricoles à l'aide des mosaïques d'images satellites Landsat (1984-1987) et RapidEye (2010-2013) a révélé que les polygones qui semblaient erronés étaient souvent catégorisés comme des friches au 3e inventaire. Cette observation concorde avec le constat d'un expert selon lequel les photo-interprètes avaient tendance à promptement délimiter des friches au 3e inventaire. Bien que la mosaïque des années 1980 ne permet pas toujours de confirmer ou d'infirmer un changement, un rendu de couleur qui s'apparente à celui de la terre agricole environnante suggère que la zone vérifiée n'est pas véritablement passée par un stade de forêt. La constatation des erreurs était plus évidente dans le cas où la friche avait moins de 21 ans. L'encadré AI.6.1.4 présente la règle appliquée.

34. Dans le 3e inventaire écoforestier, l'écart d'âge entre deux peuplements doit être d'au moins deux classes pour que les peuplements soient distingués. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (2015), p. 28, et MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC (1995), p. 11.

35. Le polygone de changement serait faussement validé s'il découpait une partie de peuplement de moins de 21 ans qui consisterait en une forêt plus vieille (mais de moins de 4 ha). Cette erreur tendrait à surestimer la diminution de terres agricoles au profit de la forêt au cours de la période de référence.

36. Les codes de perturbation d'origine et de la classe d'âge ne sont pas définis pour les sites inondés.

37. André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle.

Encadré AI.6.1.4

Règle pour la validation des polygones de diminution de milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) ou de forêts à couvert fermé au profit de terres agricoles, à l'aide des codes de la perturbation d'origine et de la classe d'âge au 3e inventaire écoforestier

La règle s'applique aux polygones de changement qui indiquent une diminution d'un milieu humide forestier (excluant les sites inondés) ou d'une forêt à couvert fermé au profit d'une terre agricole.

(Changement LIKE '060000_02%' OR Changement LIKE '1101___02%') AND TER_CO = ''

Les polygones dont le code de la perturbation d'origine au 3e inventaire écoforestier indique la catégorie « FR », pour friche, et dont le code de la classe d'âge au 3e inventaire commence par « 10 » ou a la valeur nulle sont invalidés.

Les polygones de changement qui correspondent à la sélection suivante sont *invalides*. Le code « 0 » est attribué au champ « V_ORIG_AGE » de ces polygones. Le code « 1 » est assigné aux polygones valides.

PER_CO_ORI = 'FR' AND (CAG_CO LIKE '10%' OR CAG_CO = '')

La méthode invalide 29 % de la superficie des changements visés (tableau AI.6.3.1, p. 145). Cependant, la règle ne permet pas de corriger tous les faux changements. À certains endroits, il apparaît que le 3e inventaire a omis de délimiter une terre agricole au centre ou en bordure d'une forêt. Si le polygone de la forêt environnante qui inclut cette terre agricole n'est pas catégorisé comme une friche, l'erreur n'est pas détectée par la règle. Il arrive aussi qu'un boisé visible au milieu d'un secteur sur la mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013), et qui avait été délimité au 3e inventaire, soit absent de la carte du 4e inventaire.

E. Validation des diminutions de milieux humides forestiers ou de forêts à couvert fermé au profit de milieux humides herbacés ou arbustifs ou de forêts à couvert ouvert, sur la base de la perturbation, du dépôt de surface et du type écologique

Cette méthode consiste à rejeter les polygones qui représentent une diminution de milieux humides forestiers (excepté les sites inondés) ou de forêts au profit de milieux humides herbacés ou arbustifs ou de forêts à couvert ouvert, lorsque les données n'indiquent pas une perturbation récente et une nature du sol qui se prête à une détérioration permanente du milieu. Au sens de l'inventaire écoforestier, les milieux humides forestiers (excepté les sites inondés) et les forêts sont des « terrains forestiers productifs », tandis que les milieux humides herbacés ou arbustifs et les forêts à couvert ouvert sont des « terrains forestiers improductifs ». La nature du sol est définie par le dépôt de surface ; elle pourrait se prêter à une perte de productivité du milieu si elle se caractérisait par des dépôts organiques ou par un substrat rocheux[38]. De plus, parmi les polygones qui indiquent une perte de superficie forestière productive, la règle invalide également ceux dont le type écologique dans le 4e inventaire écoforestier indique un milieu forestier et, par conséquent, une densité du couvert forestier qui peut être plus grande ou égale à 25 %[39].

38. André LAUCAIRE, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle.

39. Dans la version initiale du 4e inventaire écoforestier (soit avant 2009), la désignation de « terrain forestier improductif » et la spécification d'un type écologique de milieux forestiers signifient que la densité du couvert forestier est plus grande ou égale à 25 %. Dans l'approche d'inventaire par peuplement forestier (AIPF, à partir de 2009), la désignation de terrain improductif et la spécification d'un type écologique de milieux forestiers signifient que la densité du couvert est plus grande ou égale à 10 % et inférieure à 25 % (MFFP, communication personnelle). La méthode traite les deux cas pareillement, pour simplifier la comparaison des résultats entre les régions.

Normalement, les terrains forestiers improductifs ne succèdent pas aux terrains forestiers productifs[40]. Ainsi, la plupart des polygones qui représentent une telle transition sont faux. Il est possible que des erreurs de photo-interprétation soient survenues au 3e inventaire et que des milieux humides herbacés ou arbustifs (aulnaies et dénudés et semi-dénudés humides) ou des forêts à couvert ouvert (dénudés et semi-dénudés secs) n'aient simplement pas été détectés, particulièrement dans les secteurs sans reliefs où il y a récemment eu une coupe ou un feu[41]. Les différences de cartographie entre le 3e et le 4e inventaire peuvent aussi être causées par une interprétation différente d'une situation restée inchangée au cours de la période, simplement parce que des photo-interprètes différents ont effectué le travail (encadré 2.1.1, p. 34). Par exemple, une forêt âgée, peu dense et où les arbres sont petits, interprétée comme une forêt productive dans le 3e inventaire, aurait pu être « déclassée » – sans qu'un changement soit survenu – comme un « dénudé et semi-dénudé humide » dans le 4e inventaire. Le code du type écologique qui indiquerait un « milieu forestier » au 4e inventaire révélerait ces cas.

Cette méthode a été conçue sur la base des successions qui peuvent se produire en milieu forestier selon l'avis d'un spécialiste de la Direction des inventaires forestiers du MFFP et selon l'article de Jetté (2004). Des vérifications ont aussi été effectuées dans la table attributaire des couches de polygones de changement pour apprécier les cas où il y aurait eu une interprétation différente d'une même situation entre le 3e et le 4e inventaire écoforestier. Les mosaïques d'images satellites se sont avérées moins utiles pour vérifier l'application de cette règle, car la distinction des rendus de couleur entre terrains forestiers productifs et improductifs à l'aide de la mosaïque des années 1980 était ambiguë. L'encadré AI.6.1.5 décrit la règle de façon précise.

Encadré AI.6.1.5

Règle pour la validation des polygones de diminution de milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) ou de forêts à couvert fermé au profit de milieux humides herbacés ou arbustifs ou de forêts à couvert ouvert, à l'aide des codes de perturbation au 3e inventaire écoforestier et des codes du dépôt de surface et du code de la végétation potentielle au 4e inventaire

Cette règle concerne les polygones qui indiquent une diminution de milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) ou de forêts à couvert fermé au profit de milieux humides herbacés ou arbustifs ou de forêts à couvert ouvert.

```
(Changement = '060000_070000' OR Changement = '060000_110200' OR Changement LIKE '1101___07%'
OR Changement LIKE '1101___1102%') AND TER_CO = ''
```

Ces polygones de changement sont invalidés s'ils n'indiquent aucune perturbation d'origine ou perturbation moyenne dans le 3e inventaire écoforestier, si le code du dépôt de surface ne commence pas par « 7 » (dépôts organiques) ou par « R » (substrat rocheux) dans le 4e inventaire[1] ou si le code du type écologique dans le 4e inventaire indique un milieu forestier (code qui débute par « F », « M » ou « R »).

Les polygones de changement qui correspondent à la sélection suivante sont *invalides*. Le code « 0 » est attribué au champ « V_PERT_DEP » de ces polygones. Le code « 1 » est assigné aux polygones valides.

```
(PER_CO_ORI = '' AND PER_CO_MOY = '') OR NOT (DEP_SUR LIKE '7%' OR DEP_SUR LIKE 'R%') OR
(TYPE_ECO LIKE 'F%' OR TYPE_ECO LIKE 'M%' OR TYPE_ECO LIKE 'R%')
```

1. Normalement, le dépôt de surface ne devrait pas changer entre le 3e et le 4e inventaire écoforestier (André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle). Le code du dépôt de surface du 4e inventaire, plutôt que celui du 3e inventaire, est utilisé parce que la définition du premier est plus précise géographiquement et est considérée comme plus fiable.

40. « Dans les conditions d'exploitation forestière au Québec, il est en effet relativement rare que des portes significatives de superficie productive se produisent à distance du chemin » (JETTÉ, 2004 : 81) et André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle.

41. André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle.

La méthode invalide 93 % de la superficie des changements visés (tableau AI.6.3.1, p. 145). Malgré cela, la règle ne permet pas de corriger tous les faux changements qui suggèrent à tort la perte de superficie productive. Comme il a été mentionné plus haut, les milieux humides herbacés ou arbustifs et les forêts à couvert ouvert (terrains forestiers improductifs) situés à l'intérieur de terrains qui ont subi un brûlis ou une coupe totale risquent de ne pas être détectés au 3e inventaire et semblent donc « apparaître » sur la carte du 4e inventaire. Si le dépôt de surface des terrains perturbés est constitué de dépôts organiques ou d'un substrat rocheux, ces erreurs ne seront pas corrigées. Selon l'avis d'un spécialiste de la DIF relatif à la carte des polygones de changement dans une partie de la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, plusieurs des polygones de changement validés par la règle seraient erronés.

F. Rejet des changements entre les sites inondés et les plans et les cours d'eau intérieure ou les milieux humides herbacés ou arbustifs

Cette règle concerne les sites inondés, lesquels sont classés comme « Milieux humides forestiers » dans la méthodologie des comptes des terres (figure 2.5.1, p. 41). Les sites inondés correspondent principalement aux sites ennoyés à la suite de la construction d'un barrage par des castors. Un traitement distinct leur est appliqué. La présente règle invalide les polygones qui représentent un changement, dans l'une ou l'autre des deux directions, entre un site inondé et un plan ou un cours d'eau intérieure, ou entre un site inondé et un milieu humide herbacé ou arbustif. Les milieux humides herbacés ou arbustifs comprennent les dénudés et semi-dénudés humides et les aulnaies. La règle ne s'applique qu'aux premiers.

Les 3e et 4e inventaires écoforestiers n'utilisent pas la même définition des sites inondés (encadré 2.1.1, p. 34). Contrairement à ce qui s'était fait au 3e inventaire, les sites inondés délimités au 4e inventaire incluent les zones exondées. Ces zones « ont déjà été inondées, mais [...] ne se sont pas suffisamment régénérées pour satisfaire aux exigences de la définition d'un peuplement[42] ». Cette définition plus large des sites inondés englobe le stade suivant l'ennoiement du site, où les arbres sont encore vivants ou récemment morts (« marécage mort »), celui où les chicots d'arbre sont tombés (« étang d'eau libre ») et celui qui suit la dégradation du barrage, mais qui précède le retour de la forêt, où le site est une prairie humide (ou un « dénudé humide[43] »). À terme, les sites exondés sont voués à être inondés de nouveau ou à devenir une aulnaie ou une forêt.

Ainsi, les terrains inondés ne procurent pas une indication précise de la couverture terrestre, surtout pour ce qui est de la carte du 4e inventaire. Par exemple, un site exondé aurait pu être décrit comme un « dénudé et semi-dénudé humide » au 3e inventaire, puis être « reclassé » comme un « inondé » au 4e inventaire sans qu'un changement réel soit survenu. De même, un site exondé aurait pu être classé par erreur – soit non conformément à la définition large d'un site inondé – comme un « dénudé ou semi-dénudé humide » au 4e inventaire. De plus, des sites inondés ont été définis comme de l'eau au 3e inventaire, puis reclassés comme des sites inondés au 4e inventaire (l'erreur inverse serait moins fréquente).

La différence de définition des sites inondés entre le 3e et le 4e inventaire avait été discutée lors de l'examen des résultats du projet pilote par le Groupe de travail sur la méthodologie des comptes des terres du Québec méridional. Par la suite, des spécialistes de la DIF et de Canards illimités Canada ont été consultés pour clarifier cette différence et en savoir plus sur le cycle de succession des sites inondés[44]. De plus, l'observation des mosaïques d'images satellites à l'intérieur des zones limitées par les polygones de changement concernés suggère que la plupart sont faux. À noter que son application peut quand même conduire au rejet de polygones qui représentent un vrai changement, bien que cette erreur soit jugée moins grande que celle qui est corrigée. Par exemple, certains sites inondés, tels que les réservoirs artificiels, peuvent en venir à être considérés comme

42. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (2015), p. 35, et André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle.

43. La figure 1 (p. 12) de LEMELIN et DARVEAU (2008) illustre les stades d'évolution d'un site inondé à la suite de la construction d'un barrage par des castors.

44. André FAUCHER, MFFP, Direction des inventaires forestiers, et Marcel DARVEAU, Canards illimités Canada, communication personnelle.

des plans d'eau permanents[45]. L'ambiguïté de la signification des sites inondés sur les cartes écoforestières empêche de détecter ces transitions. La règle résultante est énoncée à l'encadré AI.6.1.6. Par définition, 100 % des polygones de changement visés sont rejetés par cette règle (tableau AI.6.3.1, p. 145).

Encadré AI.6.1.6

Règle pour le rejet des polygones de diminution ou d'augmentation de sites inondés (partie des milieux humides forestiers) au profit ou au détriment de plans et de cours d'eau intérieure ou de milieux humides herbacés ou arbustifs (dénudés et semi-dénudés humides)

Les polygones qui indiquent un changement, dans les deux directions, entre un site inondé et un plan et un cours d'eau intérieure ou entre un site inondé et un dénudé et un semi-dénudé humide sont invalidés.

Les polygones de changement qui correspondent à la sélection suivante sont donc *invalides*. Le code « 0 » est attribué au champ « V_INO » de ces polygones.

(Changement LIKE '%100000' AND TER_CO = 'INO') OR (Changement LIKE '%070000' AND TER_CO = 'INO' AND CO_TER = 'DH') OR (Changement LIKE '10%' AND CO_TER = 'INO') OR (Changement LIKE '07%' AND CO_TER = 'INO' AND TER_CO = 'DH')

G. Validation des changements entre les milieux humides forestiers et les forêts à couvert fermé, sur la base du drainage

Les changements dans les deux directions entre les milieux humides forestiers (sauf les sites inondés) et les forêts à couvert fermé sont visés par cette méthode, qui utilise le code de la classe de drainage. Lors du 3e inventaire écoforestier, la distinction des classes de drainage subhydrique et hydrique demeure incertaine, d'autant plus que les photo-interprètes n'ont pas encore d'expérience dans la classification des peuplements selon les attributs écologiques, comme le dépôt de surface et le drainage (encadré 2.1.1, p. 34). Des peuplements auxquels on avait attribué la classe de drainage « imparfait » (codée « 4 ») au 3e inventaire ont pu être reclassés comme des terrains au drainage « mauvais » ou « très mauvais » (« 5 » ou « 6 ») au 4e inventaire, et inversement, sans qu'un changement réel de conditions se soit produit au cours de la période[46].

Cette imprécision dans l'attribution de la classe de drainage au 3e inventaire peut engendrer des erreurs dans l'identification des terrains comme « Milieux humides forestiers » ou comme « Forêts à couvert fermé » dans la couche de couverture terrestre à *t0*. Selon le modèle décisionnel pour la classification des données écoforestières, les terrains au mauvais ou au très mauvais drainage sont classés comme des milieux humides forestiers, tandis que les terrains au drainage imparfait ou meilleur, comme des forêts à couvert fermé (figure 2.5.1, p. 41). À leur tour, ces erreurs ont pu causer une surestimation des transitions entre ces deux classes de couverture terrestre. Ainsi, les polygones qui indiquent le passage d'un milieu humide forestier à une forêt à couvert fermé, ou l'inverse, sont invalides lorsque la forêt à couvert fermé se caractérise par un drainage imparfait (encadré AI.6.1.7).

45. Marcel DARVEAU, Canards illimités Canada, communication personnelle.
46. André FAUCHER et Luc GAGNÉ, MERP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle.

Encadré AI.6.1.7

Règle pour la validation des polygones de changement entre les milieux humides forestiers (excluant les sites inondés) et les forêts à couvert fermé, à l'aide du code de la classe de drainage

La méthode vise les polygones qui indiquent un changement, dans les deux directions, entre un milieu humide forestier (excluant les sites inondés) et une forêt à couvert fermé. Ils correspondent à cette sélection.

```
Changement LIKE '060000_1101%' AND (TER_CO <> 'INO' OR TER_CO is null) OR Changement LIKE
'1101___06%' AND (CO_TER <> 'INO' OR CO_TER is null)
```

Ces polygones sont *invalides* lorsque le code de la classe de drainage de la forêt à couvert fermé, qu'elle forme la couverture terrestre au début ou à la fin de la période, est « 4 ». Le code « 0 » est attribué au champ « V_DRAIN » de ces polygones.

```
CL_DRAI LIKE '4%' OR CDR_CO LIKE '4%'
```

Dans les données préliminaires du projet pilote pour la région de la Chaudière-Appalaches, la surestimation des transitions entre les milieux humides forestiers et les forêts à couvert fermé est évidente[47]. Une marge d'un degré sur l'échelle des classes de drainage s'est avérée insuffisante pour établir un changement de couverture terrestre. Des discussions avec un expert du MFFP ont permis d'élaborer la règle de validation spécifique[48]. L'efficacité de cette règle n'a pas été vérifiée à l'aide des mosaïques d'images satellites, car la différence entre les forêts et les milieux humides forestiers ne serait pas perceptible sur ces images. À noter que les polygones qui indiquent un changement entre ces deux classes de couverture terrestre sont aussi filtrés à l'aide d'un seuil de superficie plus restrictif que le seuil général appliqué à tous les polygones de changement, comme la section suivante l'explique. Parmi les polygones qui montrent une transition d'un milieu humide forestier à une forêt à couvert fermé, 69 % sont invalidés par la méthode, tandis que 61 % des polygones qui montrent la transition inverse le sont.

AI.6.2 Valider les polygones de changement selon leurs caractéristiques géométriques

Pour compléter la validation spécifique par type de changement basée sur les données auxiliaires et sur les attributs des données écoforestières, une opération appliquée à tous les polygones de changement qui n'ont pas été rejetés précédemment invalide ceux qui sont non significatifs selon leurs caractéristiques géométriques. Les polygones dont la superficie, la largeur et le ratio de la superficie sur le périmètre ne respectent pas certains seuils sont rejetés. Cette méthode s'attaque aux polygones de changement de petite superficie, étroits et filiformes, ou en forme de spaghetti, générés par les écarts de géométrie mineurs entre les deux cartes, par le décalage qui existe par endroits entre elles ou par les aires minimales d'interprétation qui varient entre le 3e et le 4e inventaire écoforestier (voir encadré 2.1.1, p. 34).

Pour ce qui est des seuils de superficie, ils sont établis selon les aires minimales d'interprétation utilisées dans le 3e inventaire écoforestier. Généralement, celles-ci sont deux fois plus grandes que celles du 4e inventaire (voir tableau AI.6.2.1, p. 141)[49]. Ces différences entre les inventaires donnent lieu à de faux polygones de changement : une forêt d'un hectare située à l'intérieur d'une terre agricole semblerait « apparaître » sur la carte du 4e inventaire, alors qu'elle n'aurait simplement pas été tracée sur celle du 3e inventaire. Or, l'aire minimale d'interprétation utilisée dans le 3e inventaire écoforestier pour délimiter la plupart des éléments du territoire,

47. UHDE et LEBLANC (2014), figure 10, p. 70.

48. Selon Luc Gagné (MFFP, Direction des inventaires forestiers), la différence de conditions entre les classes de drainage « modéré » et « mauvais » (codées « 3 » et « 5 », respectivement) est plus significative que celle entre les classes « imparfait » et « très mauvais » (codées « 4 » et « 6 »). Il est improbable qu'un peuplement considéré comme ayant un drainage « modéré » au 3e inventaire soit reclassé comme ayant un drainage « mauvais » au 4e inventaire, et vice versa, sans qu'un tel changement de conditions se soit produit.

49. MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC (1996), p. 11, et MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (2015), p. 30.

comme « les terrains non forestiers » (classés comme « Surfaces artificielles » ou comme « Terres agricoles ») et « les terrains forestiers improductifs » (« Milieux humides herbacés ou arbustifs » ou « Forêts à couvert ouvert »), ainsi que les « îlots boisés » à l'intérieur, notamment, des terres agricoles, est de 2 ha.

Par conséquent, les polygones de changement dont la superficie est inférieure à 2 ha (0,02 km²) sont invalidés. Ce seuil de superficie détermine en quelque sorte la nature des changements de couverture terrestre mesurés par les comptes des terres, qui doivent avoir opéré sur une superficie d'au moins 2 ha pour être pris en compte. Cependant, pour les changements entre les milieux humides forestiers et les forêts à couvert fermé (identifiés selon la classe de drainage), ainsi que pour les changements entre les sous-classes de forêt à couvert fermé (identifiées selon le type de couvert), le critère de superficie doit être plus contraignant. En effet, un peuplement de moins de 8 ha se distinguant de la forêt environnante par un drainage ou un type de couvert différent aurait pu ne pas être délimité sur la carte du 3e inventaire, mais l'être sur celle du 4e inventaire, donnant l'impression « d'apparaître ». Ainsi, le seuil de superficie pour ces dernières transitions est fixé à 8 ha (0,08 km²).

Outre la considération des aires minimales d'interprétation, l'observation des polygones de changement triés à l'aide de différentes mesures géométriques et de différents seuils ainsi que l'analyse de la sensibilité des estimations de changement pour la région administrative de la Capitale-Nationale selon différentes mesures et différents seuils ont permis d'élaborer la méthodologie. Il est à noter que les seuils de superficie sont de loin les plus restrictifs pour la validation des polygones de changement. L'application de ces seuils « stabilise » les résultats, au sens où ceux-ci deviennent peu sensibles au choix du seuil pour les critères de largeur et du ratio de la superficie sur le périmètre.

Tableau AI.6.2.1

Aires minimales d'interprétation (en hectares) pour délimiter chaque type de terrain par rapport aux autres

Classe de couverture terrestre		01	02	06		07	10	110101	110102	110103	1102
	Types de terrain	à vocation non forestière	à vocation non forestière	Étendue d'eau « INO »[1]	forestier productif	forestier improductif	Étendue d'eau	forestier productif	forestier productif	forestier productif	forestier improductif
Surfaces artificielles (01)[2]	à vocation non forestière		2/1	2/1	2/2	2/1	2/1	2/2	2/2	2/2	2/1
Terres agricoles (02)	à vocation non forestière	2/1		2/1	2/2	2/1	2/1	2/2	2/2	2/2	2/1
Milieux humides forestiers (06)	Étendue d'eau « INO »	x	x			x	x	x	x	x	x
	forestier productif	2/1	2/1			2/1	2/1	8/4	8/4	8/4	2/1
Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)[3]	forestier improductif	2/1	2/1	2/2	2/1		2/1	2/1	2/1	2/1	2/2
Plans et cours d'eau intérieure (10)	Étendue d'eau	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Forêts de conifères à couvert fermé (110101)[4]	forestier productif	2/1	2/1	2/1	8/4	2/1	2/1		8/4	8/4	2/1
Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	forestier productif	2/1	2/1	2/1	8/4	2/1	2/1	8/4		8/4	2/1
Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	forestier productif	2/1	2/1	2/1	8/4	2/1	2/1	8/4	8/4		2/1
Forêts à couvert ouvert (1102)	forestier improductif	2/1	2/1	2/2	2/1	2/2	2/1	2/1	2/1	2/1	

1. Dans le 3e inventaire écoforestier, les « sites inondés » et les « étendues d'eau (lacs et rivières) » sont considérés comme des « terrains non forestiers ». Leur aire minimale d'interprétation est de 2 ha (MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, 1995, p. 8).
2. Pour être délimité, un « terrain à vocation non forestière » situé à l'intérieur d'un autre « terrain à vocation non forestière » ou à l'intérieur d'un « terrain forestier improductif » ou un « terrain forestier improductif » situé à l'intérieur d'un « terrain à vocation non forestière » devaient avoir une superficie d'au moins 2 ha dans le 3e inventaire écoforestier et une superficie d'au moins un hectare dans le 4e inventaire (Luc GAGNÉ, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle).
3. Pour être délimité par rapport à un « terrain forestier improductif », un « inondé » doit avoir au moins 2 ha (Luc GAGNÉ, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle).
4. En théorie, l'interprétation d'un peuplement qui se distingue par le type de couvert se fait selon une aire minimale de 4 ha dans le 3e et le 4e inventaire écoforestier. Cependant, dans les faits, cette aire minimale n'était souvent pas respectée dans le 3e inventaire : la différence entre les types de couverts, notamment entre les couverts résineux et mélangés, pouvait être difficile à percevoir, surtout sur certaines photos aériennes de mauvaise qualité (Luc GAGNÉ, MFFP, Direction des inventaires forestiers, communication personnelle). Les peuplements se distinguant par le type de couvert devaient plutôt avoir environ 8 ha pour être délimités. Les statistiques relatives aux superficies des polygones de peuplement sur la carte du 3e et sur celle du 4e inventaire montrent que cette dernière comporte environ deux fois plus de polygones (excluant les milieux humides forestiers : environ 5 millions contre 2,6 millions), qui sont à peu près deux fois plus petits (moyenne de 7 ha contre 16 ha), ce qui corrobore l'estimation de 8 ha comme aire minimale utilisée dans le 3e inventaire.

Note : Chaque case spécifie l'aire minimale d'interprétation au 3e inventaire écoforestier, puis, suivie de la barre oblique, celle au 4e inventaire.

Le seuil pour la largeur a été établi en fonction de l'écart jugé acceptable selon la méthodologie d'inventaire entre le contour des entités tracées sur la carte du 3e inventaire écoforestier et le contour de l'entité correspondante interprétée à partir de la photo du 4e inventaire. Les différences de contour supérieures à 20 m doivent être corrigées[50]. Cette largeur a été multipliée par deux pour donner un ordre de grandeur du seuil de largeur à utiliser pour comparer les deux cartes. De plus, l'observation des polygones de changement dans la région de la Capitale-Nationale a révélé ce qui semblait être un décalage entre les deux cartes pouvant aller jusqu'à environ 50 m. Le seuil pour la largeur – qui est en fait la largeur du rectangle d'emprise (voir plus bas) – a donc été fixé à 50 m, sachant que les estimations de changement étaient très peu sensibles à une variation du seuil entre 40 et 50 m.

Enfin, l'observation des polygones de changement a permis d'établir le seuil pour le ratio de la superficie sur le périmètre. Le seuil choisi devait invalider les polygones filiformes et serpentants ou de forme improbable qui semblaient soit découler d'un décalage entre les cartes ou de la différence d'interprétation d'une même entité du paysage, soit, par leur forme, relever de la plus grande précision de la carte du 4e inventaire écoforestier. Avec l'application des seuils de superficie, les estimations de changement étaient peu sensibles au choix du seuil pour le ratio superficie/périmètre, qui a été fixé à 14[51].

Les caractéristiques géométriques des polygones de changement ont été calculées à l'aide du logiciel ArcGIS : la superficie (en m²), le périmètre (en mètres) et la largeur du rectangle d'emprise (en mètres). À noter que ces caractéristiques sont celles des polygones de changement à la suite d'une fusion des polygones adjacents qui partagent le même code de changement[52]. En effet, les entités fusionnées sont plus représentatives de la forme réelle des changements sur le territoire. La création de la couche des polygones fusionnés est intermédiaire et sert seulement à calculer leurs caractéristiques géométriques. Ensuite, la création d'une couche temporaire des rectangles d'emprise a permis d'obtenir la largeur du rectangle propre à chaque polygone fusionné (outil « Emprise géométrique minimale »). Un rectangle d'emprise couvre entièrement et tout juste un polygone, dans le cas présent de façon à minimiser la largeur du rectangle (type de géométrie « *Rectangle_by_width* »).

Puisque l'opération de fusion des polygones de changement a pour effet d'éliminer les attributs de la table de données, dont ceux issus des cartes écoforestières (l'attribut « Changement », commun aux polygones fusionnés, étant le seul qui puisse être préservé lors de cette opération), il importe de mener la suite du projet à partir de la couche *initiale* des changements de couverture terrestre (avant fusion), à laquelle les attributs de géométrie devraient être joints (section AI.3). À ce moment-ci, les champs « superficie », « perimetre », « largeur », « superf_peri » et « V_GEO » sont ajoutés à la couche initiale des changements. La meilleure stratégie pour transférer les attributs de géométrie de la couche des polygones fusionnés à la couche initiale des changements s'est avérée reposer sur une opération géographique d'union entre ces deux couches.

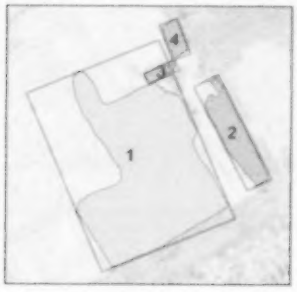
L'union de la couche des polygones de changement fusionnés et de la couche initiale des changements permet de générer une nouvelle couche (qui sera supprimée par la suite) dont la table de données peut inclure les attributs des deux couches en entrée. Ainsi, une jointure temporaire de la couche initiale et de la couche d'union à l'aide des identifiants uniques des polygones permet de recopier la valeur des attributs de géométrie dans les champs « superficie », « perimetre » et « largeur » de la couche initiale. La valeur du champ « superf_peri » a ensuite été calculée à partir des champs « superficie » et « perimetre ». Enfin, le code de l'attribut de validation « V_GEO » est assigné à chaque polygone de changement selon que ses attributs de géométrie respectent ou non les seuils établis pour la superficie, la largeur et le ratio superficie/périmètre. La figure AI.6.2.1 propose un exemple de la mesure des caractéristiques géométriques et de l'attribution du code de « V_GEO » aux polygones de changement. L'encadré AI.6.1.8 récapitule l'application des critères de géométrie de la méthode.

50. MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (2015), p. 31-32.

51. Un critère supplémentaire a été examiné, soit le ratio de la superficie du polygone sur la superficie du rectangle d'emprise. Cependant, au regard des seuils choisis pour les autres critères, celui-ci devenait inopérant.

52. De plus, pour être fusionnés, les polygones de changement adjacents doivent tous deux, soit avoir la valeur « INO » dans le champ du code de terrain, ou avoir une valeur différente de « INO » pour ce champ. Le fait de ne pas tenir compte de la valeur « INO » du code de terrain amenait des aberrations dans le tri géométrique des polygones de changement puisque ceux qui concernent les sites inondés ne sont pas validés à l'aide du même seuil de superficie que ceux qui concernent les autres terrains classés comme des milieux humides forestiers.

Figure AI.6.2.1
Exemple des mesures utilisées pour la validation géométrique des polygones de changement



ID	Superficie (m²)	Largeur (m)	Ratio superf/peri	V_GEO
1	134 931,6	397,7	75,6	1
2	19 062,9	75,9	24,8	0
3	2 484,6	33,2	11,0	0
4	4 730,2	52,9	16,6	0

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Encadré AI.6.1.8
Règle pour la validation des polygones de changement selon leurs attributs géométriques

La règle s'applique à tous les polygones de changement, sauf ceux dont la non-validation par les autres méthodes conduit à la mise à jour de la couche de couverture terrestre au temps *0* (*t0*) (voir figure AI.6.3.1, p. 146[1]) :

(V_NDVI <>0 OR V_NDVI is null) AND (V_AAClanduse <>0 OR V_AAClanduse is null) AND (V_AGE <>0 OR V_AGE is null) AND (V_ORIG_AGE <>0 OR V_ORIG_AGE is null) AND (V_PERT_DEP <>0 OR V_PERT_DEP is null) AND (V_INO <>0 OR V_INO is null) AND (V_DRAIN <>0 OR V_DRAIN is null)

Il suffit qu'un des trois attributs géométriques, soit la superficie, la largeur ou le ratio superficie/périmètre, ne respecte pas le seuil établi pour que le polygone soit rejeté. Autrement dit, pour être *valide*, un polygone doit respecter les trois seuils suivants :

- superficie ≥ 20 000 m² ;
- largeur du rectangle d'emprise qui minimise la largeur ≥ 50 m ;
- ratio superficie/périmètre > 14.

Selon la formule suivante pour le calcul de l'attribut « V_GEO », la valeur « 1 » (ou « 0 ») est assignée aux polygones de changement valides (invalides).

```
Dim valide
If [superficie]>=20000 And [largeur]>=50 And [superf_peri]>14 Then
valide=1
else
valide=0
end if
```

De plus, la valeur « 0 » est attribuée au champ « V_GEO » des polygones qui représentent un changement, dans les deux directions, entre les milieux humides forestiers (sauf les sites inondés) et les forêts à couvert fermé, ou entre les sous-classes de forêt à couvert fermé, et dont la superficie est inférieure à 8 ha (ou 80 000 m²). Ces polygones correspondent aux sélections suivantes :

(Changement LIKE '060000_1101__' OR Changement LIKE '1101___060000') AND (TER_CO <> 'INO' OR TER_CO is null) AND (CO_TER <> 'INO' OR CO_TER is null) AND superficie <80000

(Changement ='110101_110102'ORChangement='110101_110103'ORChangement='110102_110101'OR Changement ='110102_110103' OR Changement ='110103_110101' OR Changement ='110103_110102') AND superficie <80000

1. Afin d'éviter la mise à jour de la couche de couverture terrestre à *t1* vis à vis des polygones de changement qui ne respectent pas les critères de géométrie, le rejet d'un polygone de changement sur la base de ces critères (qui mène à la mise à jour de la couche de couverture terrestre à *t0*) a préséance sur le rejet d'un polygone qui mène à la mise à jour de la couche de couverture terrestre à *t1*.

La méthode de validation selon les caractéristiques géographiques des polygones de changement vise l'ensemble des surfaces où un changement de couverture terrestre s'est produit, excluant celles où le changement a été invalidé par l'une des méthodes précédentes lorsque cette non-validation mène à la mise à jour de la carte de couverture terrestre à *t0*. Le critère de 2 ha et les deux autres critères géométriques disqualifient 35 % de la superficie visée (tableau AI.6.3.1, page suivante). Pour ce qui est des changements entre milieux humides forestiers et forêts à couvert fermé et entre sous-classes de forêt à couvert fermé, le critère de superficie de 8 ha et les deux autres critères géométriques mènent au rejet de 38 % de la superficie visée.

AI.6.3 Évaluer l'effet des méthodes de validation et finaliser la validation

Les différentes méthodes de validation affectent la couche des changements de couverture terrestre plus ou moins fortement. Le tableau AI.6.3.1 (page suivante) présente l'effet de chacune des méthodes sur la superficie des différents types de changement visés. Par exemple, la méthode A, qui se sert des cartes d'utilisation des terres d'AAC, invalide presque 100 % de la superficie où les données suggéraient une diminution des surfaces artificielles au profit des terres agricoles et 72 % de la superficie où elles suggéraient une augmentation des surfaces artificielles au détriment des terres agricoles. L'ampleur de l'effet de cette méthode confirme le problème de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier en ce qui a trait à la délimitation des surfaces artificielles par rapport aux terres agricoles et vice versa. À noter que par définition, la méthode « F », qui consiste à rejeter les changements entre les sites inondés et les plans et les cours d'eau intérieure ou les milieux humides herbacés ou arbustifs, invalide 100 % des superficies visées.

Tableau AI.6.3.1

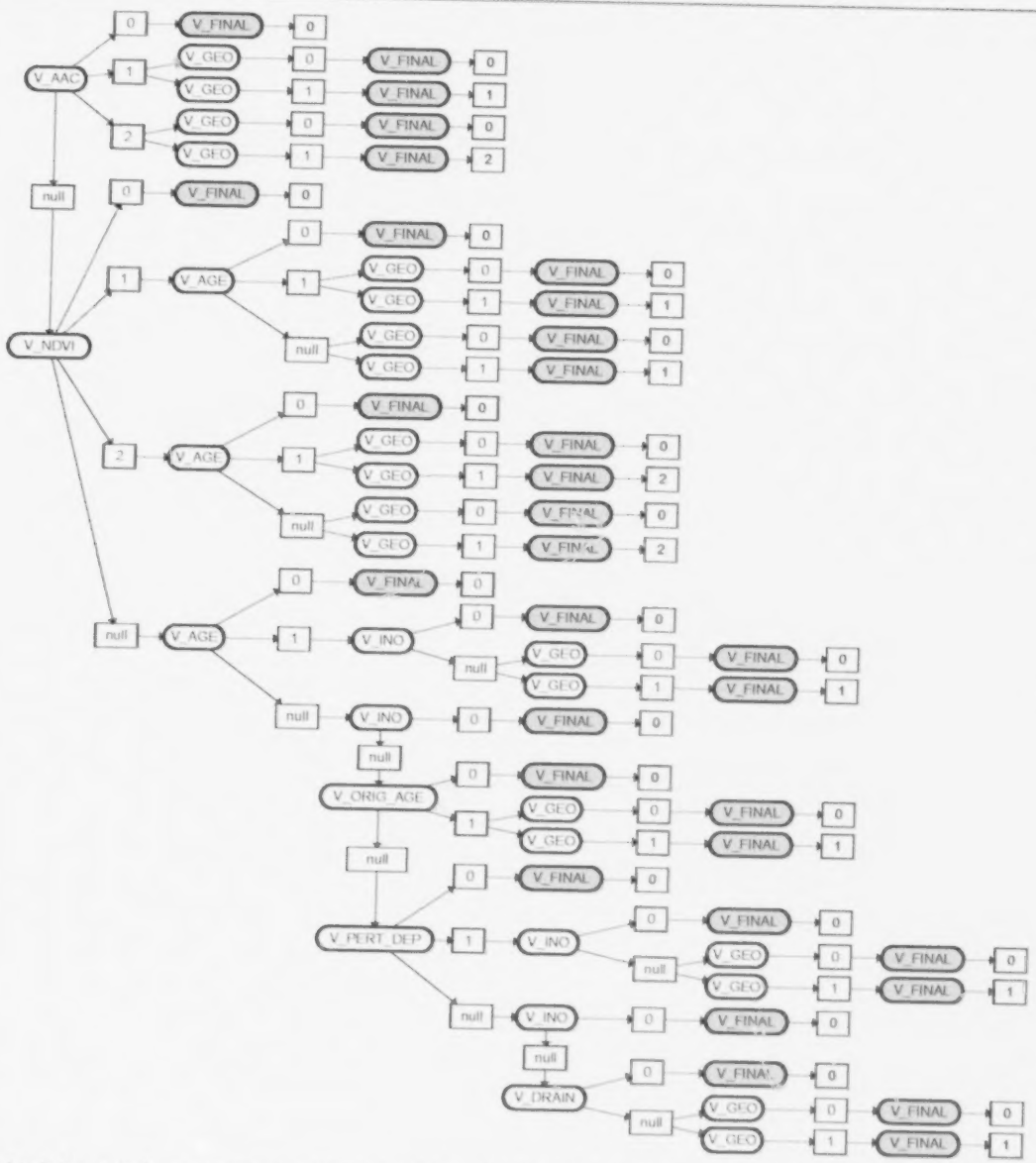
Effet des méthodes de validation sur la superficie des changements de couverture terrestre par type de changement (en km² et en pourcentage), Québec méridional

Procédés de validation		Type de changement de couverture visé		Superficie visée	Part invalidée	
		t0	*t1*	km²	km²	%
Selon les données auxiliaires et les attributs des données écoforestières	A. À l'aide des cartes d'utilisation des terres d'AAC	Surfaces artificielles	Terres agricoles	215,8	215,8	100
		Terres agricoles	Surfaces artificielles	537,7	389,4	72
	B. À l'aide de l'indice NDVI	Surfaces artificielles	Surfaces naturelles	1 343,3	1 161,6	86
		Surfaces naturelles	Surfaces artificielles	1 209,7	620,6	51
	C. Sur la base de l'âge des peuplements	Surfaces artificielles Terres agricoles Milieux humides herbacés ou arbustifs Plans et cours d'eau intérieure Forêts à couvert ouvert	Milieux humides forestiers Forêts à couvert fermé	16 480,2	12 387,9	75
	D. Sur la base de la perturbation d'origine et de l'âge du peuplement	Milieux humides forestiers Forêts à couvert fermé	Terres agricoles	1 473,5	434,6	29
	E. Sur la base de la perturbation, du dépôt de surface et du type écologique	Milieux humides forestiers Forêts à couvert fermé	Milieux humides herbacés ou arbustifs Forêts à couvert ouvert	7 264,6	6 721,9	93
	F. Rejet des changements relatifs aux sites inondés	Sites inondés	Plans et cours d'eau intérieure Milieux humides herbacés ou arbustifs	291,9	291,9	100
		Milieux humides herbacés ou arbustifs Plans et cours d'eau intérieure	Sites inondés	1 197,9	1 197,9	100
	G. Sur la base du drainage	Milieux humides forestiers	Forêts à couvert fermé	8 277,2	5 671,4	69
		Forêts à couvert fermé	Milieux humides forestiers	13 905,0	8 433,7	61
Selon les caractéristiques géométriques	Superficie ≥ 2 ha Largeur ≥ 50 m ; superficie/périmètre > 14	Tous les changements, sauf ceux entre milieux humides forestiers et forêts à couvert fermé et entre sous-classes de forêt à couvert fermé*		8 561,7	3 015,8	35
	Superficie ≥ 8 ha Largeur ≥ 50 m ; superficie/périmètre > 14	Changements entre milieux humides forestiers et forêts à couvert fermé et entre sous-classes de forêt à couvert fermé*		96 460,0	36 596,4	38
Ensemble des méthodes		**Tous les changements**		**141 004,7**	**75 932,5**	**54**

* Le groupe de changements visés exclut ceux qui sont invalidés par l'une des méthodes de A à G lorsque cette non-validation mène à la mise à jour de la carte de couverture terrestre à *t0*.

À la suite de l'application des méthodes de validation, la conclusion du processus pour chaque polygone de changement est traduite dans l'attribut de validation finale « V_FINAL », qui a été ajouté à la couche des changements de couverture terrestre. La figure AI.6.3.1 (ci-dessous) présente le modèle décisionnel qui mène à la définition de « V_FINAL » pour un type de changement de couverture terrestre donné.

Figure AI.6.3.1
Modèle décisionnel pour définir l'attribut de validation finale des polygones de changement



Note : Les boîtes arrondies représentent les attributs de validation des polygones de changement (celles qui sont grises représentent l'attribut de validation finale – V_FINAL), alors que les boîtes rectangulaires renvoient aux différentes valeurs qui peuvent leur être attribuées. Un polygone de changement est valide lorsque son attribut de validation finale a la valeur « 1 ».

La valeur de « V_FINAL » lui est attribuée selon la valeur des huit attributs de validation :

- La valeur « 1 » est attribuée à « V_FINAL » lorsque tous les attributs de validation ont la valeur « 1 » ou n'ont pas de valeur. L'absence de valeur (valeur « NULL ») pour un attribut de validation signifie que la méthode ne s'appliquait pas au type de changement représenté par tel polygone.
- La valeur « 0 » est attribuée à « V_FINAL » lorsqu'un seul attribut de validation a « 0 » pour valeur (à ne pas confondre avec la valeur « NULL »). Le polygone de changement est alors invalide, et la couche de couverture terrestre de *t0* est ajustée en conséquence.
- Si la valeur des attributs « V_AGE » et « V_GEO » n'est pas « 0 », la valeur « 2 » est attribuée à « V_FINAL » lorsque les champs « V_AAClanduse » ou « V_NDVI » indiquent la valeur « 2 ». Le polygone de changement est alors invalide, et la couche de couverture terrestre de *t1* est mise à jour.

AI.7 VÉRIFIER LA VALIDATION DES GRANDS POLYGONES DE CHANGEMENT QUI CONCERNENT LES SURFACES ARTIFICIELLES

La vérification manuelle des grands polygones de changement qui concernent les surfaces artificielles permet d'évaluer, à l'aide d'images satellites, le résultat de leur validation automatique (section AI.6) et le corrige si nécessaire. La fiabilité des estimations de changement dépend particulièrement du traitement des grands polygones, surtout dans les régions administratives de Montréal et Laval. Cette étape vise uniquement les polygones qui représentent une diminution ou une augmentation de surfaces artificielles, parce que ces transitions sont particulièrement importantes pour la mesure des changements subis par l'environnement naturel et que la vérification des autres types de transition, comme l'enfrichement des terres agricoles, par l'interprétation d'images satellites est beaucoup plus difficile. Selon la conclusion de cette vérification, la valeur définie automatiquement dans le champ de validation finale (« V_FINAL ») peut être altérée manuellement.

Les grands polygones de changement à vérifier ont été sélectionnés pour former 0,5 % de la superficie de changement relative aux surfaces artificielles, ce qui correspond à 197 polygones ou 160 km² pour l'ensemble du territoire étudié. Ces polygones ont été importés dans le logiciel d'observation de la terre Google Earth Pro. La navigation à une échelle d'environ 1/25 000 a permis d'utiliser la fonction d'affichage des images d'archives du logiciel afin d'observer en arrière-plan de chaque grand polygone des images satellites temporellement compatibles avec les années de prise de vue du 3e et du 4e inventaire écoforestier. Ces images ont permis l'interprétation sommaire de l'évolution de la couverture terrestre à l'intérieur du polygone au cours de la période de référence afin de valider manuellement la transition.

La conclusion de l'interprétation est comparée au résultat final de la validation automatique tel qu'enregistré dans le champ « V_FINAL » (section AI.6.3). Aucune action n'est posée lorsque les exercices de validation manuelle et automatique donnent le même résultat. Puisque l'interprétation des images satellites est parfois subjective, la valeur de l'attribut « V_FINAL » ne sera pas non plus nécessairement modifiée dans le cas où le résultat de la validation manuelle est différent de celui de la validation automatique[53]. Dans ce cas, une réflexion est menée à propos du mécanisme de validation concerné. Au-delà de la conclusion découlant de l'interprétation initiale des images satellites et pour éviter qu'une éventuelle modification de la valeur de « V_FINAL » ne mène à une incohérence dans la couche des changements de couverture terrestre, le choix de la modifier ou non prend en considération les définitions et les méthodologies propres à l'inventaire écoforestier, ainsi que l'effet de la méthode de validation dans le voisinage du polygone.

53. Dans les régions de Montréal et Laval, notamment, quelques grands polygones d'artificialisation montrent une couverture hétérogène, constituée, par exemple, de terrains couverts de végétation entrecoupés de routes, rendant difficile l'interprétation du changement. Dans de tels cas, l'interprétation du changement repose sur l'observation de la couverture qui occupe la majorité du polygone au début et à la fin de la période. De plus, le type de végétation observé (plutôt basse) semblait souvent ne pas correspondre à la classe de couverture de l'inventaire écoforestier (souvent des forêts de feuillus à couvert fermé définis selon la « végétation potentielle » du terrain) (voir section 2.1.1). Ces particularités peuvent résulter en une imprécision de l'estimation des changements relatifs aux surfaces artificielles dans ces régions très urbanisées.

La valeur du champ « V_FINAL » est modifiée pour 21 des 197 « grands » polygones de changement, ce qui représente une superficie de 12,1 km² ou 7,5 % de la superficie totale vérifiée. En excluant les régions de Montréal et de Laval, le code « V_FINAL » est altéré pour 16 polygones sur 172, ce qui équivaut à une superficie de 9,5 km² ou 6,7 % de la superficie évaluée. Ces pourcentages peuvent être interprétés comme une mesure approximative de l'imprécision des estimations de changement des surfaces artificielles. Cette imprécision est moins grande dans les régions autres que Montréal et Laval (5 grands polygones sur 25 sont corrigés dans ces deux régions, ce qui correspond à 2,6 km² ou 13,8 %).

AI.8 METTRE À JOUR LES COUCHES DE COUVERTURE TERRESTRE

L'ajustement des couches de couverture terrestre est la dernière étape de la stratégie élaborée pour réduire les erreurs attribuables au manque de comparabilité entre les cartes du 3e et du 4e inventaire écoforestier (section 2.6). En conformité avec l'hypothèse de travail qui stipule que la couche de couverture terrestre issue du 4e inventaire (*t1*) est fiable, c'est surtout la couche de couverture terrestre issue du 3e inventaire (*t0*) qui est ajustée. Cette couche est modifiée vis-à-vis des zones délimitées par les polygones de changement *invalides*, soit ceux pour lesquels l'attribut « V_FINAL » indique « 0 ». L'information de couverture terrestre issue du 3e inventaire est considérée comme fausse à l'intérieur de ces zones. Il est supposé que ces zones n'ont pas subi de changements au cours de la période (ce qui cause une surestimation de l'absence de changements, section 2.6). L'information de couverture terrestre issue du 3e inventaire y est remplacée par celle qui provient du 4e.

Il s'agit tout d'abord d'ajouter un champ à la table de données associée à la couche de couverture terrestre de *t0*, appelé « SOURCE_ecofo », afin de garder la trace des modifications apportées. Pour simplifier la géométrie des zones qui seront corrigées, les polygones de la couche de changements dont l'attribut « V_FINAL » indique « 0 » qui sont adjacents et ont la même classe de couverture terrestre à *t1* (« CL_COUV_T01 ») sont fusionnés. De plus, les polygones de changement dont la superficie est inférieure à 10 m² ne sont pas utilisés pour ajuster la couche de couverture terrestre[54]. Les polygones fusionnés sont ensuite appliqués sur la couche de couverture terrestre de *t0* à l'aide de l'outil « Mettre à jour » d'ArcGIS. Par le biais de cette opération, le code de la classe de couverture du champ « CL_COUV_T01 » provenant des polygones de changement est attribué au champ « CL_COUV_T00 » de la couche de couverture corrigée. La valeur « 4 » – pour 4e inventaire – est attribuée au champ « SOURCE_ecofo » des polygones ajoutés.

Par ailleurs, la couche de couverture terrestre de *t1* est aussi ajustée, suivant les traitements basés sur les cartes d'utilisation des terres d'AAC et sur l'indice NDVI (méthodes A et B, section AI.6.1), vis-à-vis des polygones de changement dont l'attribut « V_FINAL » indique la valeur « 2 ». Selon une méthode analogue à celle décrite au paragraphe précédent, ces polygones de changement sont utilisés pour remplacer le contenu de la couche de couverture terrestre à *t1* : le code de la classe de couverture du champ « CL_COUV_T00 » provenant des polygones de changement est attribué au champ « CL_COUV_T01 » de la couche de couverture corrigée. Pour les polygones ajoutés à la couche, la valeur « 3 » – pour 3e inventaire – est attribuée au champ « SOURCE_ecofo » préalablement ajouté à la table de données. La topologie des couches de couverture terrestre à *t0* et à *t1* mises à jour est vérifiée. Les couches mises à jour forment le contenu des comptes des terres, à transposer dans la grille.

54. La superficie minimale de 10 m² pour les polygones de changement qui servent à ajuster les couches de couverture terrestre correspond à 1/250 d'une cellule de la grille ou à 1/100 de la plus petite aire minimale d'interprétation du 4e inventaire écoforestier (section 2.1). Les polygones de changement plus petits que 10 m² ne pourraient pas influencer la couverture dominante à l'intérieur d'une unité de la grille (section AI.9).

AI.9 PIXÉLISER LES COUCHES DE COUVERTURE TERRESTRE

La pixélisation des couches de couverture terrestre mises à jour, ou la transposition de l'information des polygones de couverture terrestre aux cellules de la grille, est effectuée selon la méthodologie générale élaborée dans le cadre du projet pilote[55]. La grille sert en quelque sorte à structurer le contenu des comptes des terres. La grille utilisée dans la méthodologie révisée est constituée de cellules de 50 m de côté (section 2.7). L'intersection de la grille – plus spécifiquement des parties de grille (section AI.1) – et des couches de couverture terrestre à *t0* et à *t1* à l'aide d'ArcGIS a permis de calculer la superficie occupée par les polygones de couverture terrestre à l'intérieur de chaque cellule de la grille pour le début et la fin de la période. Pour chaque partie de grille, un fichier tabulaire pour *t0* et *t1* contenant le résultat de ce calcul a été exporté d'ArcGIS puis importé dans SAS. Ce logiciel a été utilisé pour opérationnaliser l'algorithme de couverture dominante et obtenir les estimations de changement.

Une couverture terrestre est dominante si elle occupe plus de 50 % d'une cellule, dans le cas où deux classes de couverture s'y trouvent, ou la plus grande proportion de celle-ci, dans le cas où au moins trois classes de couverture s'y trouvent. La dominance d'une couverture dans une cellule est d'abord établie par la classification à quatre chiffres, c'est-à-dire que dans une première opération, les proportions occupées par les sous-classes de forêt à couvert fermé (conifères, feuillus et mixtes) sont additionnées pour donner la proportion occupée par la classe générale des forêts à couvert fermé. Si celle-ci est dominante, parmi les sous-classes qui la composent, celle qui occupe la plus grande proportion de la cellule représente la classe dominante. Le résultat est une table de données pour chaque partie de grille qui précise la couverture dominante dans chaque cellule à *t0* ou à *t1*. Le calcul des changements de couverture est effectué en SAS à partir de ces tables de données. Dans ArcGIS, ces tables sont jointes aux fichiers de grille pour donner les couches de couverture terrestre pixélisées.

AI.10 CALCULER LES CHANGEMENTS DE COUVERTURE TERRESTRE ET GÉNÉRER LES TABLEAUX DE RÉSULTATS

L'étape précédente a permis d'obtenir des tables de données où une ligne correspond à une cellule de grille de 50 m de côté (2 500 m² ou 0,0025 km²). À l'aide du logiciel SAS, les tables associées au début (*t0*) et à la fin (*t1*) de la période ont été jointes en une seule table, qui apparie l'identifiant d'une cellule de grille à la classe de couverture dominante au début et à la fin de la période. Cette table comprend les attributs suivants :

- l'identifiant unique de l'unité de grille codée selon le système cartésien présenté à la section 2.7 ;
- les codes de la couverture terrestre dominante à *t0* et à *t1* ;
- les codes de la MRC et de la municipalité du Système sur les découpages administratifs (SDA) de juin 2017, et le code de la région naturelle du cadre écologique de référence du Québec.

L'addition des unités de grille par classe de couverture terrestre permet d'estimer la superficie de chaque classe au début et à la fin de la période (stock d'ouverture et de fermeture). La superficie équivaut au nombre d'unités multiplié par 0,0025 km². De même, l'addition des unités par type de changement permet d'estimer les augmentations et les diminutions d'une classe de couverture au détriment et au profit d'une autre classe. Ces calculs peuvent être effectués à partir des cellules contenues dans différents territoires, dans une région, une MRC, une province ou une région naturelle par exemple. Le compte physique de couverture terrestre et la matrice des changements de couverture terrestre ont été construits à partir de ces résultats de calculs. À noter que les unités de grille où la couverture dominante à *t0* ou à *t1* est définie comme « Pas de données » ou « En attente de traitement » sont exclues des calculs de stock et de changement.

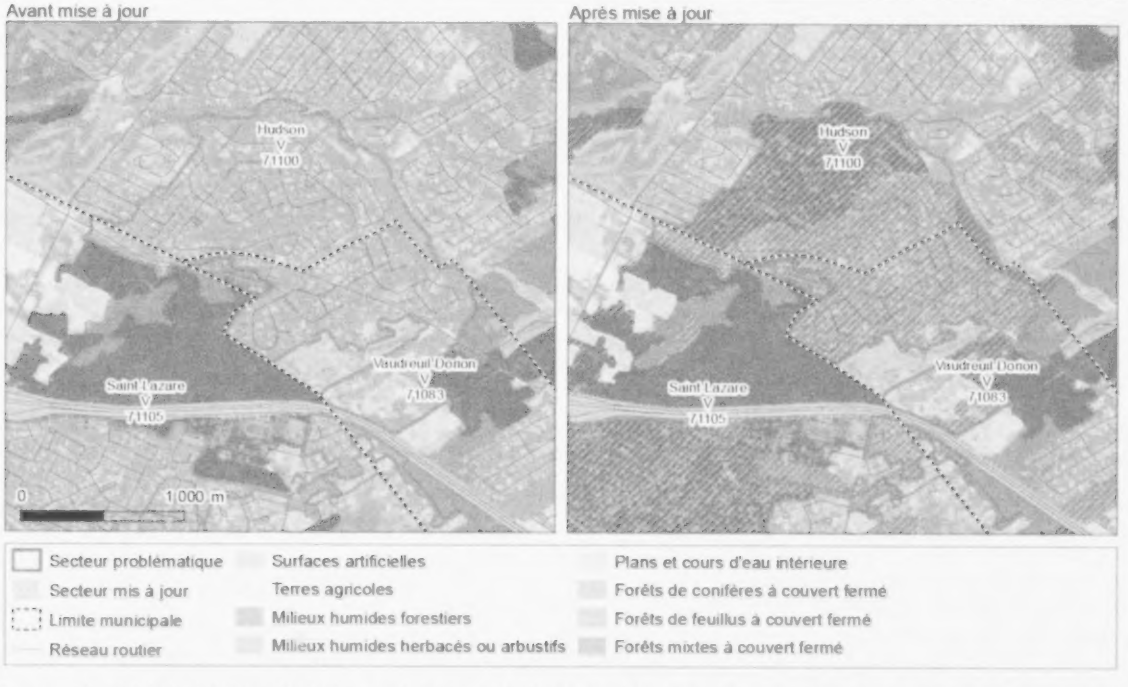
55. UBISI et ITIB ANC (2014), p. 50.

AI.11 VÉRIFIER LES RÉSULTATS

Les résultats sont vérifiés à plusieurs étapes de leur production. Le contenu des couches de couverture terrestre mises à jour est examiné, au regard d'une vingtaine de secteurs problématiques qui avaient été repérés avant l'application de l'approche de validation des polygones de changement. Il s'agissait notamment de banlieues avec beaucoup d'arbres ou de stations de ski alpin, classées comme « Surfaces artificielles » dans la couche issue du 3e inventaire écoforestier, mais comme « Forêts » dans celle issue du 4e inventaire. Ainsi, l'intersection des deux couches indiquait une restauration de la forêt à l'intérieur de ces secteurs, alors qu'en toute vraisemblance aucun changement réel n'était survenu. La vérification de ces secteurs à partir des couches mises à jour montre que les méthodes de validation ont permis de solutionner la majorité des problèmes. Les figures AI.11.1, AI.11.2 et AI.11.3 montrent l'effet de la mise à jour de la couche de couverture terrestre à *t0* dans un secteur de la municipalité de Hudson, dans le secteur de la station de ski du Massif-du-Sud et dans le corridor de la ligne de transport d'énergie entre Saint-Majorique-de-Grantham et Drummondville. De plus, le résultat du calcul de la couverture dominante par cellule de grille est vérifié visuellement dans ArcGIS.

Figure AI.11.1

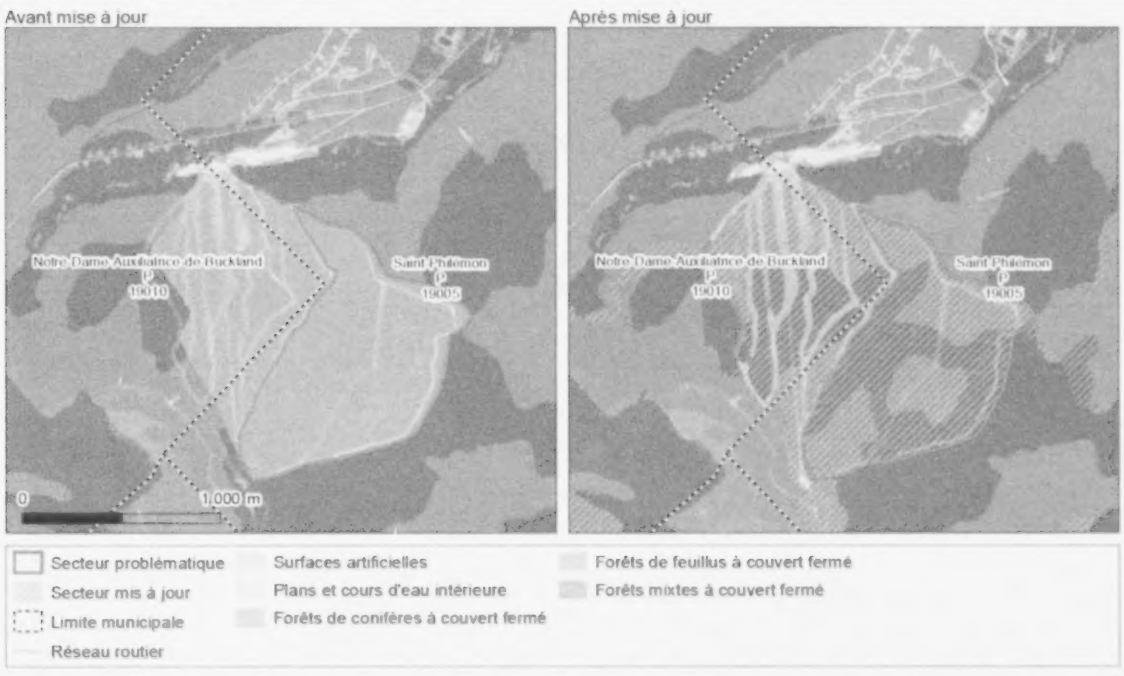
Couche de couverture terrestre à *t0*, secteur de la municipalité de Hudson (MRC de Vaudreuil-Soulanges), avant et après la mise à jour



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

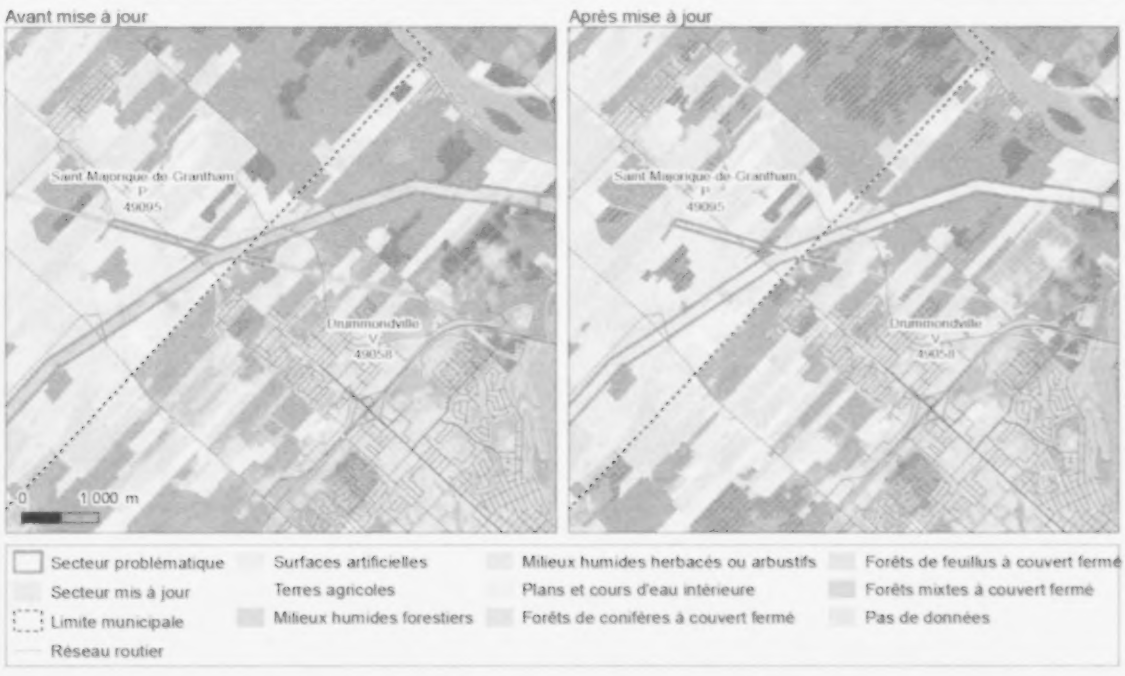
Figure AI.11.2

Couche de couverture terrestre à *t0*, secteur de la station de ski du Massif-du-Sud (MRC de Bellechasse), avant et après la mise à jour



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Figure AI.11.3
Couche de couverture terrestre à *t0*, ligne de transport d'énergie entre Saint-Majorique-de-Grantham et Drummondville (MRC de Drummond), avant et après la mise à jour



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Système sur les découpages administratifs, juin 2017, et mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Les statistiques contenues dans les tableaux de résultats sont aussi vérifiées selon les dimensions suivantes : la cohérence entre les statistiques du compte physique de couverture terrestre et celles de la matrice des changements de couverture pour ce qui est du stock d'ouverture et de fermeture et du changement net ; l'équivalence entre le changement net et la différence entre l'augmentation et la diminution ; la comparaison de l'augmentation et de la diminution par rapport aux estimations obtenues dans ArcGIS à partir des polygones de changement de couverture terrestre ; la comparaison avec les résultats d'itérations antérieures ; la plausibilité de l'ordre de grandeur et du signe des statistiques (augmentation, diminution, changement net) ; la cohérence des statistiques entre les régions.

Annexe II

CLASSIFICATION DE LA COUVERTURE TERRESTRE DU QUÉBEC

L'information des comptes des terres du Québec méridional est organisée selon une classification de la couverture terrestre adaptée, sous la contrainte des données disponibles au Québec, de celle du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE)[56]. La classification du SCEE est composée de classes de couverture mutuellement exclusives qui ensemble décrivent la couverture totale de n'importe quel territoire (Nations unies et autres, 2016). Les classes du SCEE sont basées sur les éléments théoriques du Système de classification de l'occupation du sol[57], élaboré par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Ce système de classification international normalisé se fonde sur « l'aspect général » des « objets de base » qui forment la couverture terrestre (arbres, arbustes, eau, maisons)[58].

Conformément au Système de classification de l'occupation du sol de la FAO, des classes additionnelles peuvent être définies en fonction des propriétés ou des caractéristiques des objets de base. Les propriétés sont une « spécialisation [...] des objets en ce qui concerne leur aspect physionomique[59] » (p. ex., la hauteur des arbres ou la densité du couvert). Les caractéristiques se rapportent à la qualité ou aux attributs des objets qui ne sont pas reliés à leur physionomie (p. ex., l'âge de la végétation ou l'artificialité). Notamment, le fait qu'une étendue soit naturelle ou artificielle (ou cultivée) est considéré comme une caractéristique de la couverture terrestre. Celle-ci permet de distinguer les terrains découverts artificiels (surfaces artificielles) des terrains découverts naturels. De même, elle permet de classer les terres agricoles séparément des étendues de plantes herbacées naturelles.

La classification de la couverture terrestre du Québec comprend onze classes générales représentées par un code à deux chiffres : « Surfaces artificielles », « Terres agricoles », « Prairies », « Étendues d'arbustes », « Étendues de bryophytes et de lichens », « Milieux humides forestiers », « Milieux humides herbacés ou arbustifs », « Terrains découverts », « Neiges et glaces permanentes », « Plans et cours d'eau intérieure » et « Forêts » (tableau AII.1). Les données écoforestières permettent de subdiviser la classe des forêts en deux classes à quatre chiffres selon que le couvert de la forêt est fermé ou ouvert, puis ces deux classes, en trois classes à six chiffres selon le type de couvert (conifères, feuillus ou mixtes).

56. Ce texte reprend presque intégralement celui de la section 2.2 du rapport *Comptes des terres : région de Chaudière-Appalaches : projet pilote* (UHDE et LEBLANC, 2014, p. 29-34).

57. *Land Cover Classification System* (LCCS).

58. NATIONS UNIES et autres, 2016, p. 197, note 64. Voir aussi DI GREGORIO et LEONARDI (2010).

59. DI GREGORIO et LEONARDI (2010), p. 25. (Trad. libre)

Tableau All.1

Classification de la couverture terrestre du Québec, selon trois niveaux

Classe de niveau 1			Classe de niveau 2			Classe de niveau 3		
Nom	Code	Description	Nom	Code	Description	Nom	Code	Description
Non classifié	00	Non classifié						
Surfaces artificielles	01	Étendues où les surfaces artificielles prédominent (comprennent : parcs urbains, zones industrielles, dépotoirs, sites d'extraction)[1].						
Terres agricoles	02	Étendues de plantes herbacées, d'arbustes ou d'arbres cultivés[2].						
Prairies	03	Étendues de plantes herbacées naturelles dont la densité du couvert est d'au moins 10 % et où la densité du couvert forestier est inférieure à 10 %.						
Étendues d'arbustes	04	Étendues d'arbustes naturels dont la densité du couvert est d'au moins 10 % et où la densité du couvert forestier est inférieure à 10 %.						
Étendues de bryophytes et de lichens	05	Étendues de bryophytes (mousses, hépatiques, cératophylles) et de lichens (les foliacés ou fruticuleux ; non les crustacés) où la densité du couvert forestier est inférieure à 10 %[3].						
Milieux humides forestiers	06	Étendues boisées dont la densité du couvert est d'au moins 10 % dans des zones aquatiques ou inondées où l'eau persiste pendant au moins deux mois par année.						
Milieux humides herbacés ou arbustifs	07	Étendues de plantes herbacées ou d'arbustes dont la densité du couvert est d'au moins 10 % dans des zones aquatiques ou inondées où l'eau persiste pendant au moins deux mois par année et où la densité du couvert forestier est inférieure à 10 %.						

Tableau AII.1 (suite)
Classification de la couverture terrestre du Québec, selon trois niveaux

Classe de niveau 1			Classe de niveau 2			Classe de niveau 3		
Nom	Code	Description	Nom	Code	Description	Nom	Code	Description
Terrains découverts (et étendues de végétation naturelle clairsemée)	08	Étendues naturelles abiotiques (y compris roches, sols nus, sables) où la densité du couvert végétal est inférieure à 10 %.						
Neiges et glaces permanentes	09	Étendues recouvertes de neige ou de glace pendant au moins 10 mois par année.						
Plans et cours d'eau intérieure	10	Plans et cours d'eau intérieure permanents[4]						
Forêts	11	Étendues boisées dont la densité du couvert[5] est d'au moins 10 %.	Forêts à couvert fermé	1101	Étendues boisées dont la densité du couvert est supérieure à 40 %[6].	Forêts de conifères à couvert fermé	110101	Étendues boisées dont la densité du couvert est supérieure à 40 % et où les conifères occupent au moins 75 % de la surface terrière.
						Forêts de feuillus à couvert fermé[7]	110102	Étendues boisées dont la densité du couvert est supérieure à 40 % et où les arbres feuillus occupent au moins 75 % de la surface terrière.
						Forêts mixtes à couvert fermé	110103	Étendues boisées dont la densité du couvert est supérieure à 40 % et où aucun des deux grands types d'arbres n'occupe 75 % ou plus de la surface terrière.

Tableau AII 1 (suite)

Classification de la couverture terrestre du Québec, selon trois niveaux

Classe de niveau 1			Classe de niveau 2			Classe de niveau 3		
Nom	Code	Description	Nom	Code	Description	Nom	Code	Description
			Forêts à couvert ouvert	1102	Étendues boisées dont la densité du couvert varie de 10 à 40 %[8]	Forêts de conifères à couvert ouvert	110201	Étendues boisées dont la densité du couvert varie de 10 à 40 % et où les conifères occupent au moins 75 % de la surface terrière.
						Forêts de feuillus à couvert ouvert	110202	Étendues boisées dont la densité du couvert varie de 10 à 40 % et où les arbres feuillus occupent au moins 75 % de la surface terrière.
						Forêts mixtes à couvert ouvert	110203	Étendues boisées dont la densité du couvert varie de 10 à 40 % et où aucun des deux grands types d'arbres n'occupe 75 % ou plus de la surface terrière.
Cours d'eau côtiers et zones intertidales	12	Attributs géographiques reliés à la mer (p. ex., estuaires) et surfaces sujettes à la présence persistante de l'eau (p. ex., battures).						

1. Les surfaces artificielles incluent les sites d'extraction ou des opérations minières ont lieu en surface, en particulier les fosses à ciel ouvert, les carrières, les gravières, les étendues de « déblais miniers blocailleux », les dépôts transitoires et les aires de résidus miniers. Elles incluent aussi les tourbières exploitées.
2. Les terres agricoles peuvent inclure les serres.
3. La classe « Étendues de bryophytes et de lichens » est basée sur la légende du produit *Couverture du sol, circa 2000-vectorielle*. Voir RESSOURCES NATURELLES CANADA (2009), *Couverture du sol, circa 2000-vectorielle, Catalogue d'entités*, Édition 1.0, GéoBase, [En ligne]. [www.geobase.ca/doc/specs/pdf/GeoBase_CSC2000V_catalogue_entites_fr.pdf] (Consulté le 23 août 2012).
4. L'eau peut être gelée, mais pendant moins de 10 mois par année. NATIONS UNIES et autres (2016), p. 334.
5. La densité du couvert forestier est le pourcentage de couverture des cimes au sol. À noter que les feuillus occupent plus d'espace de couvert; autrement dit, les conifères sont moins « visibles » (MFFP, communication personnelle).
6. Forêt à couvert fermé : « Dans le contexte de l'aménagement écosystémique, forêt composée en grande majorité (66 %) de peuplements de 7 m et plus de hauteur dont la densité du couvert est supérieure à 40 %. » MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, *Glossaire forestier*, [En ligne]. [glossaire-forestier.mrn.gouv.qc.ca/Liste.aspx] (Consulté le 5 mai 2015). La forêt à couvert fermé est assimilée aux terrains forestiers productifs de l'inventaire écoforestier.
7. Les forêts de feuillus à couvert fermé incluent les étendues qui servent à l'acériculture.
8. Forêt à couvert ouvert : « Forêt composée en majorité de peuplements constitués d'un couvert dont la densité varie de 10 à 40 %. Comprend les dénudés secs et les dénudés humides. » MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, *Glossaire forestier*, [En ligne]. [glossaire-forestier.mrn.gouv.qc.ca/Liste.aspx] (Consulté le 5 mai 2015). La forêt à couvert ouvert est assimilée aux terrains forestiers improductifs de l'inventaire écoforestier. Les dénudés humides sont classés comme milieux humides herbacés ou arbustifs.

Les données disponibles empêchent la délimitation de certaines classes du SCEE, mais permettent d'en subdiviser certaines autres (tableau AII.2). Puisque les données du Québec ne permettent pas de distinguer les classes « Cultures herbacées », « Cultures ligneuses », « Cultures multiples ou étagées » du SCEE, elles ont été regroupées dans une seule classe, « Terres agricoles ». De même, elles ne permettent pas d'isoler la classe « Zones à végétation naturelle clairsemée », où le couvert végétal est entre 2 % et 10 %. Cette classe est répartie entre les classes « Terrains découverts (et étendues de végétation naturelle clairsemée) » et « Étendues de bryophytes et de lichens ». La classe « Zones arborées » inclut les étendues forestières dans des zones aquatiques ou inondées. Or, les données du Québec permettent de créer la classe « Milieux humides forestiers », distincte de la classe « Forêts ». Enfin, la classe « Forêts » du Québec est subdivisée en sous-classes en fonction des propriétés des peuplements (densité et type de couvert).

Tableau AII.2
Concordance des classes de couverture terrestre du Québec et de celles du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE)

Classes du Québec			Classes du SCEE	
Nom	Code	Description	Nom	Description
Surfaces artificielles	01	Étendues où les surfaces artificielles prédominent (comprennent : parcs urbains, zones industrielles, dépotoirs, sites d'extraction).	Surfaces artificielles, y compris les zones urbaines et associées	Tout type de zones où prédominent les surfaces artificielles, incluant tous les détails urbains ou connexes, comme les parcs urbains (parcs et pelouses), et les zones industrielles, les décharges et les sites d'extraction.
Terres agricoles	02	Étendues de plantes herbacées, d'arbustes ou d'arbres cultivés.	Cultures herbacées	Strate principale de plantes herbacées cultivées (graminoïdes ou plantes herbacées non graminoïdes).
			Cultures ligneuses	Strate principale de cultures permanentes (arbres ou cultures arbustives), incluant tous les types de vergers et de plantations (arbres fruitiers, arbres de Noël, etc.).
			Cultures multiples ou étagées	Au moins deux strates de plantes ligneuses ou herbacées cultivées ou de différentes strates de plantes cultivées associées à une végétation naturelle.
Prairies	03	Étendues de plantes herbacées naturelles dont la densité du couvert est d'au moins 10 % et où la densité du couvert forestier est inférieure à 10 %.	Prairies	Zones dominées par des plantes herbacées naturelles (herbages, prairies, etc.) ayant un couvert d'au moins 10 %, quelles que soient les activités humaines et/ou animales qui s'y déroulent, telles que le pacage. Les plantes ligneuses (arbres et/ou arbustes) peuvent être présentes, dès lors que leur couvert est inférieur à 10 %.

Tableau AII.2 (suite)
Concordance des classes de couverture terrestre du Québec et de celles du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE)

Classes du Québec			Classes du SCEE	
Nom	Code	Description	Nom	Description
Étendues d'arbustes	04	Étendues d'arbustes naturels dont la densité du couvert est d'au moins 10 % et où la densité du couvert forestier est inférieure à 10 %.	Zones arbustives	Zones dominées par des arbustes naturels ayant atteint un couvert d'au moins 10 %. Les arbres peuvent être présents si leur couvert est inférieur à 10 %. Les plantes herbacées peuvent également être présentes quelle que soit leur densité. Cette classe englobe les zones arbustives inondées de façon permanente ou régulière d'eau douce intérieure, mais ne comprend pas les arbustes inondés d'eau salée ou saumâtre dans les régions côtières.
Étendues de bryophytes et de lichens	05	Étendues de bryophytes (mousses, hépatiques, cératophylles) et de lichens (les foliacés ou fruticuleux; non les crustacés) où la densité du couvert forestier est inférieure à 10 %.	Zones à végétation naturelle clairsemée (*partie de*) (aucune concordance lorsque le couvert de végétation ≥ 10 %)	Là où la végétation naturelle atteint un couvert compris entre 2 % et 10 %, incluant les zones inondées de façon permanente ou régulière.
Milieux humides forestiers	06	Étendues boisées dont la densité du couvert est d'au moins 10 % dans des zones aquatiques ou inondées où l'eau persiste pendant au moins deux mois par année.	Zones arborées (*partie de*)	Zones dominées par des plantes arborées naturelles ayant un couvert d'au moins 10 %. D'autres types de plantes (arbustes et/ou herbes) peuvent être présents, même si leur densité est supérieure à celle des arbres. Cette classe comprend les zones inondées de façon saisonnière ou permanente d'eau douce.
Milieux humides herbacés ou arbustifs	07	Étendues de plantes herbacées ou d'arbustes dont la densité du couvert est d'au moins 10 % dans des zones aquatiques ou inondées où l'eau persiste pendant au moins deux mois par année et où la densité du couvert forestier est inférieure à 10 %.	Végétation arbustive et/ou herbacée, aquatique ou régulièrement inondée	Zones dominées par une végétation herbacée naturelle (couvert d'au moins 10 %) qui est inondée de façon permanente ou régulière d'eau douce ou saumâtre (marécages, marais, etc.). L'inondation doit durer au moins deux mois par an pour être considérée comme régulière. Une végétation ligneuse (arbres et/ou arbustes) peut être présente si son couvert est inférieur à 10 %.

Tableau AII.2 (suite)
Concordance des classes de couverture terrestre du Québec et de celles du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE)

Classes du Québec			Classes du SCEE	
Nom	Code	Description	Nom	Description
Terrains découverts (et étendues de végétation naturelle clairsemée)	08	Étendues naturelles abiotiques (y compris roches, sols nus, sables) où la densité du couvert végétal est inférieure à 10 %.	Terres stériles	Zones dominées par des surfaces abiotiques naturelles (sol nu, sable, rochers, etc.) où le couvert de la végétation naturelle est inférieur à 2 %. Sont incluses les zones régulièrement inondées d'eau intérieure (rives de lacs, berges de cours d'eau, marais salants, etc.). Sont exclues les zones côtières affectées par les marées.
			Zones à végétation naturelle clairsemée (*partie de*)	Là où la végétation naturelle atteint un couvert compris entre 2 % et 10 %, incluant les zones inondées de façon permanente ou régulière.
Neiges et glaces permanentes	09	Étendues recouvertes de neige ou de glace pendant au moins 10 mois par année.	Neige permanente et glaciers	Zones recouvertes de neige ou de glaciers de façon persistante pendant au moins 10 mois.
Plans et cours d'eau intérieure	10	Plans et cours d'eau intérieure permanents.	Étendues d'eau intérieures	Tout type d'étendue d'eau intérieure où l'eau est présente 12 mois par an.
Forêts	11	Étendues boisées dont la densité du couvert est d'au moins 10 %.	Zones arborées (*partie de*)	Zones dominées par des plantes arborées naturelles ayant un couvert d'au moins 10 %. D'autres types de plantes (arbustes et/ou herbes) peuvent être présents, même si leur densité est supérieure à celle des arbres. Cette classe comprend les zones inondées de façon saisonnière ou permanente d'eau douce.
Cours d'eau côtiers et zones intertidales	12	Attributs géographiques reliés à la mer (p. ex., estuaires) et surfaces sujettes à la présence persistante de l'eau (p. ex., battures).	Étendues d'eaux côtières et zones intertidales	Éléments géographiques en relation avec la mer (étendues d'eaux côtières, c'est-à-dire lagunes et estuaires) et surfaces abiotiques marquées par une présence persistante de l'eau (zones intertidales, p. ex., les battures).

Note : Le nom et la description des classes du SCEE sont tirés de Nations unies et autres, 2016, p. 332-334.

Annexe III

COMPTES DES TERRES PAR PROVINCE NATURELLE

Cette annexe présente les résultats des comptes des terres selon le découpage des provinces naturelles du cadre écologique de référence du Québec (CERQ). Les tableaux AIII.1 et AIII.2 montrent la part de chaque province naturelle couverte par le territoire d'étude et les années de début et de fin de la période de référence définie pour chaque province naturelle. La carte de la couverture terrestre dominante du Québec méridional, en combinaison avec les limites des provinces naturelles, ainsi que les cartes de la province naturelle des basses-terres du Saint-Laurent et de la région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent, pour la fin de la période de référence, sont présentées aux figures AIII.1, AIII.2 et AIII.3. Enfin, les comptes physiques de couverture terrestre et les matrices des changements de couverture terrestre pour chaque province naturelle forment les tableaux AIII.3 à AIII.12 (p. 165 et suivantes).

Tableau AIII.1

Part de chaque province naturelle couverte par le territoire d'étude

Code	Nom	Part couverte par le territoire d'étude			
		(y compris les superficies « Pas de données » et « En attente de traitement »)		(excluant les superficies « Pas de données » et « En attente de traitement »)	
		%	km²	%	km²
A	Les Appalaches	100,0	68 800,5	100,0	68 790,9
B	Basses-terres du Saint-Laurent	100,0	30 624,1	99,8	30 583,2
C	Les Laurentides méridionales	100,0	158 601,9	99,9	158 476,3
D	Les Laurentides centrales	78,8	161 678,8	59,9	122 871,8
E	Plateau de la Basse-Côte-Nord	2,9	3 322,6	2,3	2 580,7
F	Basses-terres de l'Abitibi	91,3	68 339,0	87,9	65 774,0
G	Hautes-terres de Mistassini	52,1	50 614,8	52,0	50 528,4
N	Les Adirondacks	97,8	85,9	95,0	83,4
X	Estuaire et golfe du Saint-Laurent	76,0	116 637,0	75,9	116 424,0

Note : Le CERQ ne couvre pas l'ensemble du territoire d'étude basé sur les limites du Système sur les découpages administratifs (SDA). En effet, la rivière des Outaouais, qui définit la frontière entre le Québec et l'Ontario, n'est pas incluse dans le CERQ. En conséquence, la superficie totale des provinces naturelles ne correspond pas à la superficie totale des régions administratives (tableau 2.2.1, p. 36).

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.2

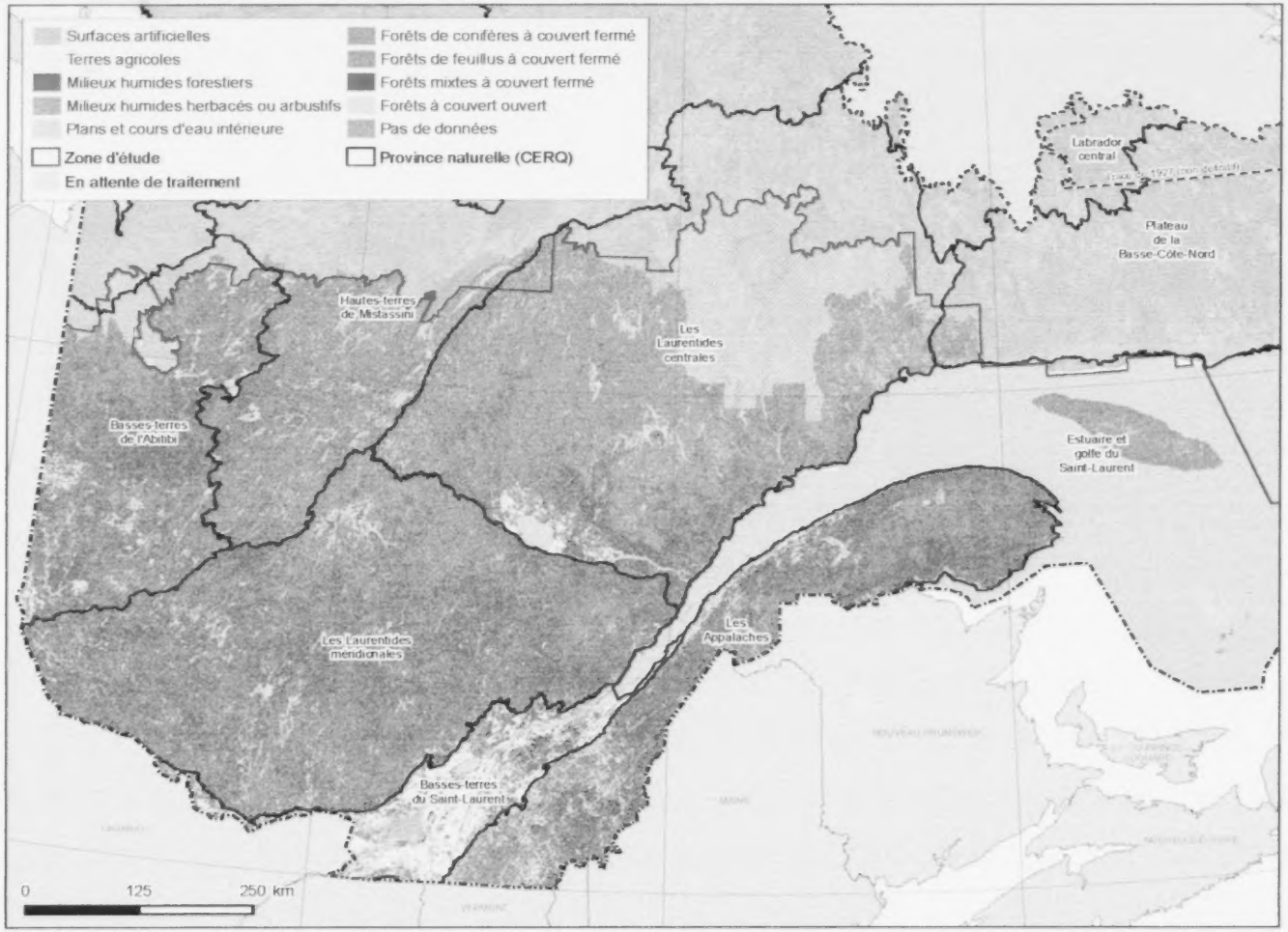
Années de début (*t0*) et de fin (*t1*) et durée de la période de référence définie pour chaque province naturelle

Code géographique	Nom	*t0*	*t1*	Durée
				Années
A	Les Appalaches	1992	2004	12
B	Basses-terres du Saint-Laurent	1994	2007	13
C	Les Laurentides méridionales	1991	2005	14
D	Les Laurentides centrales	1998	2013	15
E	Plateau de la Basse-Côte-Nord	1999	2013	14
F	Basses-terres de l'Abitibi	1994	2009	15
G	Hautes-terres de Mistassini	1998	2011	13
N	Les Adirondacks	1994	2009	15
X	Estuaire et golfe du Saint-Laurent	1999	2009	10

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Figure AIII.1

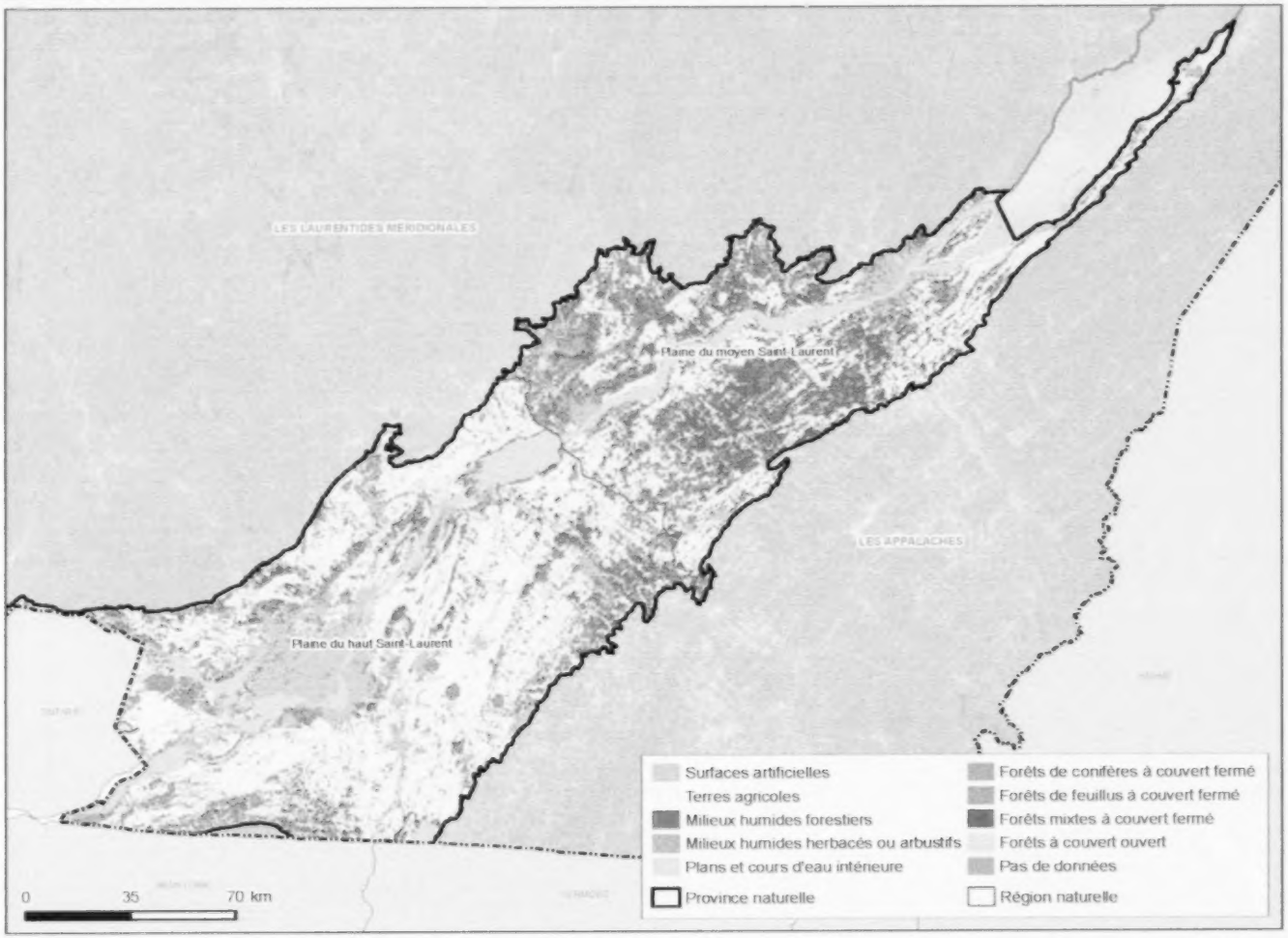
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², Québec méridional (2002-2013), et limites des provinces naturelles



Sources: Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Figure AIII.2

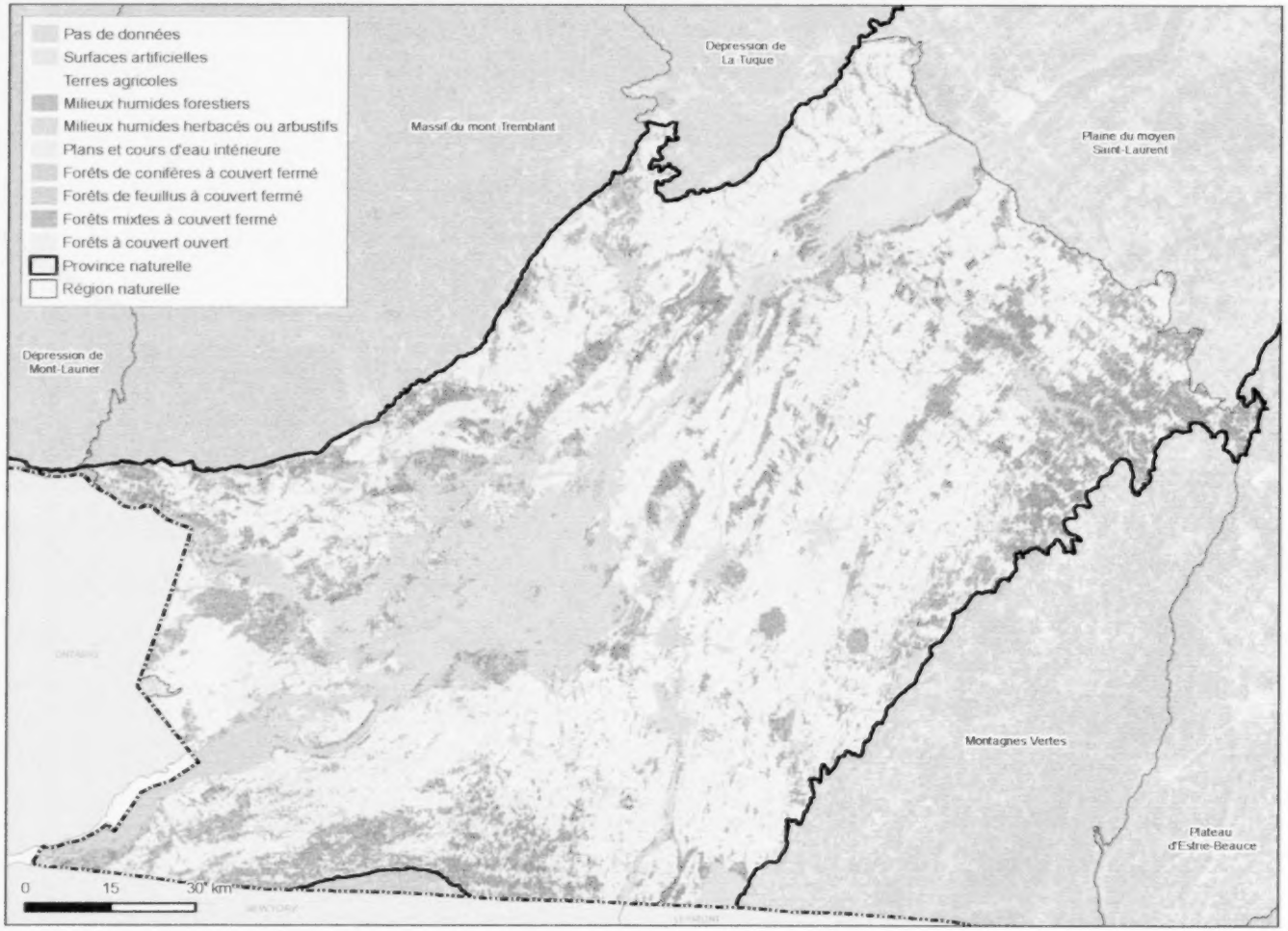
Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², province naturelle des Basses-terres du Saint-Laurent (2007)



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Figure AIII.3

Carte de la couverture terrestre dominante par unité de grille de 2 500 m², région naturelle de la Plaine du haut Saint-Laurent (2007)



Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013; ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, mosaïque d'images satellites RapidEye (2010-2013).

Tableau AIII.3

Compte physique de couverture terrestre, par province naturelle, Québec méridional, différentes périodes

Région administrative	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
A – Les Appalaches											
Stock d'ouverture (1992)	km²	1 210,2	7 301,8	2 693,0	775,6	1 109,9	18 382,9	13 004,8	24 061,3	253,9	**68 793,3**
Augmentation	km²	93,7	109,6	168,6	23,5	5,4	3 864,4	2 117,1	7 207,6	3,3	**13 593,1**
Diminution	km²	12,5	631,6	102,5	69,1	7,1	4 206,6	3 240,3	5 318,5	4,9	**13 593,1**
Changement net	**km²**	**81,2**	**−522,0**	**66,0**	**−45,6**	**−1,7**	**−342,2**	**−1 123,2**	**1 889,1**	**−1,6**	**0,0**
	%	6,7	−7,1	2,5	−5,9	−0,2	−1,9	−8,6	7,9	−0,6	
Stock de fermeture (2004)	km²	1 291,4	6 779,7	2 759,0	730,0	1 108,2	18 040,7	11 881,6	25 950,4	252,3	**68 793,3**
B – Basses-terres du Saint-Laurent											
Stock d'ouverture (1994)	km²	2 973,2	14 005,0	1 499,3	521,4	2 462,4	1 054,4	4 541,3	3 522,3	7,8	**30 587,1**
Augmentation	km²	296,2	329,7	94,4	11,9	8,7	259,9	590,2	867,0	0,9	**2 458,8**
Diminution	km²	18,2	381,9	93,6	68,6	5,3	260,8	851,4	778,2	0,9	**2 458,8**
Changement net	**km²**	**278,0**	**−52,2**	**0,8**	**−56,7**	**3,3**	**−0,9**	**−261,2**	**88,9**	**0,0**	**0,0**
	%	9,3	−0,4	0,1	−10,9	0,1	−0,1	−5,8	2,5	0,0	
Stock de fermeture (2007)	km²	3 251,2	13 952,8	1 500,1	464,7	2 465,8	1 053,5	4 280,1	3 611,1	7,8	**30 587,1**
C – Les Laurentides méridionales											
Stock d'ouverture (1991)	km²	1 080,4	1 417,5	5 775,9	4 859,3	14 999,8	34 383,7	40 521,8	55 060,1	416,6	**158 515,2**
Augmentation	km²	83,3	19,4	532,3	105,9	16,4	4 369,9	5 141,2	15 061,7	7,4	**25 337,6**
Diminution	km²	10,0	177,1	165,1	159,4	28,6	4 744,2	10 860,1	9 162,2	30,8	**25 337,6**
Changement net	**km²**	**73,2**	**−157,7**	**367,2**	**−53,5**	**−12,2**	**−374,4**	**−5 718,8**	**5 899,5**	**−23,4**	**0,0**
	%	6,8	−11,1	6,4	−1,1	−0,1	−1,1	−14,1	10,7	−5,6	
Stock de fermeture (2005)	km²	1 153,6	1 259,8	6 143,2	4 805,9	14 987,6	34 009,3	34 803,0	60 959,7	393,2	**158 515,2**
D – Les Laurentides centrales (60 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1998)	km²	784,8	1 592,2	3 432,8	6 094,3	12 626,1	70 511,6	4 680,9	18 757,5	4 415,8	**122 896,0**
Augmentation	km²	77,6	105,2	336,9	151,2	74,8	6 011,8	1 105,3	5 578,6	54,2	**13 495,7**
Diminution	km²	13,4	139,1	81,6	248,4	21,2	4 577,7	1 741,0	5 851,7	821,5	**13 495,7**
Changement net	**km²**	**64,2**	**−33,9**	**255,3**	**−97,2**	**53,6**	**1 434,1**	**−635,6**	**−273,1**	**−767,3**	**0,0**
	%	8,2	−2,1	7,4	−1,6	0,4	2,0	−13,6	−1,5	−17,4	
Stock de fermeture (2013)	km²	849,0	1 558,2	3 688,1	5 997,1	12 679,6	71 945,7	4 045,3	18 484,5	3 648,5	**122 896,0**

Tableau AIII.3 (suite)

Compte physique de couverture terrestre, par province naturelle, Québec méridional, différentes périodes

Région administrative	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
E – Plateau de la Basse-Côte-Nord (2 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1999)	km²	10,2	0,0	39,6	88,7	158,6	1 896,0	9,8	64,9	313,0	**2 580,8**
Augmentation	km²	2,4	0,0	1,8	5,0	0,2	25,0	3,0	14,3	6,0	**57,6**
Diminution	km²	0,0	0,0	2,5	6,4	0,2	16,9	0,8	23,7	7,1	**57,6**
Changement net	**km²**	**2,4**	**0,0**	**–0,7**	**–1,4**	**0,0**	**8,1**	**2,1**	**–9,4**	**–1,0**	**0,0**
	%	23,2	0,0	–1,8	–1,6	0,0	0,4	21,8	–14,5	–0,3	
Stock de fermeture (2013)	km²	12,5	0,0	38,9	87,3	158,6	1 904,0	11,9	55,5	312,0	**2 580,8**
F – Basses-terres de l'Abitibi (88 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1994)	km²	336,0	1 686,7	12 176,8	12 819,5	5 216,3	16 229,1	5 712,3	11 221,7	380,8	**65 779,3**
Augmentation	km²	27,1	18,4	501,9	69,8	9,9	2 155,7	1 035,2	2 653,0	7,6	**6 478,7**
Diminution	km²	10,2	218,4	148,8	375,4	11,6	1 270,7	1 542,8	2 868,7	32,1	**6 478,7**
Changement net	**km²**	**16,9**	**–200,0**	**353,1**	**–305,5**	**–1,7**	**884,9**	**–507,5**	**–215,7**	**–24,4**	**0,0**
	%	5,0	–11,9	2,9	–2,4	0,0	5,5	–8,9	–1,9	–6,4	
Stock de fermeture (2009)	km²	352,9	1 486,7	12 529,9	12 514,0	5 214,6	17 114,1	5 204,8	11 006,0	356,3	**65 779,3**
G – Hautes-terres de Mistassini (52 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1998)	km²	221,9	1,8	5 564,7	7 389,7	6 293,0	24 937,4	833,5	4 724,5	575,7	**50 542,3**
Augmentation	km²	15,1	1,0	351,6	40,5	2,5	1 553,9	290,6	1 651,8	7,1	**3 914,1**
Diminution	km²	3,6	0,1	50,1	146,7	4,4	1 812,5	230,0	1 491,9	174,6	**3 914,1**
Changement net	**km²**	**11,5**	**0,8**	**301,5**	**–106,2**	**–2,0**	**–258,7**	**60,6**	**159,9**	**–167,5**	**0,0**
	%	5,2	47,4	5,4	–1,4	0,0	–1,0	7,3	3,4	–29,1	
Stock de fermeture (2011)	km²	233,4	2,6	5 866,2	7 283,5	6 291,0	24 678,8	894,1	4 884,4	408,2	**50 542,3**
N – Les Adirondacks (95 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1994)	km²	1,2	20,8	2,4	0,7	0,3	2,6	39,8	15,8	0,1	**83,7**
Augmentation	km²	0,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,4	8,7	0,3	0,0	**10,3**
Diminution	km²	0,0	0,8	0,0	0,1	0,0	0,3	0,7	8,5	0,1	**10,3**
Changement net	**km²**	**0,5**	**–0,6**	**0,2**	**–0,1**	**0,0**	**0,1**	**8,0**	**–8,2**	**–0,1**	**0,0**
	%	45,7	–2,7	8,6	–12,8	–1,0	3,4	20,2	–51,5	–53,2	
Stock de fermeture (2009)	km²	1,7	20,2	2,6	0,6	0,3	2,7	47,9	7,7	0,1	**83,7**

Tableau AIII.3 (suite)

Compte physique de couverture terrestre, par province naturelle, Québec méridional, différentes périodes

Région administrative	Unité	Classes de couverture									
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Total**
X – Estuaire et golfe du Saint-Laurent (76 % du territoire)											
Stock d'ouverture (1999)	km²	17,8	27,8	481,6	1 660,5	108 301,2	5 294,8	15,5	176,6	179,9	**116 155,8**
Augmentation	km²	0,9	0,3	11,9	17,6	3,0	88,1	10,0	14,7	130,8	**277,4**
Diminution	km²	1,0	7,4	5,4	124,8	14,4	24,4	3,9	83,4	12,8	**277,4**
Changement net	**km²**	**0,0**	**–7,1**	**6,5**	**–107,2**	**–11,4**	**63,7**	**6,1**	**–68,7**	**118,1**	**0,0**
	%	–0,2	–25,4	1,4	–6,5	0,0	1,2	39,7	–38,9	65,6	
Stock de fermeture (2009)	km²	17,8	20,8	488,1	1 553,3	108 289,7	5 358,5	21,6	107,9	298,0	**116 155,8**

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.4

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Appalaches (1992-2004)

	Stock d'ouverture (superficie en 1992)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2004)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	1 210,2		21,7	2,3	3,3	−2,2	7,6	20,4	28,1	0,0	**81,2**	1 291,4
Terres agricoles	7 301,8	−21,7		−4,2	−1,6	−0,2	−396,9	−13,3	−83,9	−0,3	**−522,0**	6 779,7
Milieux humides forestiers	2 693,0	−2,3	4,2		35,7	0,4	7,9	8,4	11,8	0,1	**66,0**	2 759,0
Milieux humides herbacés ou arbustifs	775,6	−3,3	1,6	−35,7		3,9	−2,3	−4,3	−6,5	1,0	**−45,6**	730,0
Plans et cours d'eau intérieure	1 109,9	2,2	0,2	−0,4	−3,9		0,2	−0,1	0,3	−0,2	**−1,7**	1 108,2
Forêts de conifères à couvert fermé	18 382,9	−7,6	396,9	−7,9	2,3	−0,2		15,1	−740,7	−0,2	**−342,2**	18 040,7
Forêts de feuillus à couvert fermé	13 004,8	−20,4	13,3	−8,4	4,3	0,1	−15,1		−1 097,8	0,9	**−1 123,2**	11 881,6
Forêts mixtes à couvert fermé	24 061,3	−28,1	83,9	−11,8	6,5	−0,3	740,7	1 097,8		0,3	**1 889,1**	25 950,4
Forêts à couvert ouvert	253,9	0,0	0,3	−0,1	−1,0	0,2	0,2	−0,9	−0,3		**−1,6**	252,3

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.5

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Basses-terres du Saint-Laurent (1994-2007)

	Stock d'ouverture (superficie en 1994)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)										
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)	**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2007)
Surfaces artificielles	2 973,2		93,5	13,9	7,6	−1,0	6,7	110,4	46,9	0,1	**278,0**	3 251,2
Terres agricoles	14 005,0	−93,5		40,7	18,3	−0,7	−48,0	66,8	−35,7	−0,2	**−52,2**	13 952,8
Milieux humides forestiers	1 499,3	−13,9	−40,7		23,5	−0,8	6,0	14,3	12,2	0,1	**0,8**	1 500,1
Milieux humides herbacés ou arbustifs	521,4	−7,6	−18,3	−23,5		0,3	−1,6	−2,5	−3,1	−0,4	**−56,7**	464,7
Plans et cours d'eau intérieure	2 462,4	1,0	0,7	0,8	−0,3		0,1	0,7	0,3	0,1	**3,3**	2 465,8
Forêts de conifères à couvert fermé	1 054,4	−6,7	48,0	−6,0	1,6	−0,1		20,3	−58,1	0,1	**−0,9**	1 053,5
Forêts de feuillus à couvert fermé	4 541,3	−110,4	−66,8	−14,3	2,5	−0,7	−20,3		−51,4	0,2	**−261,2**	4 280,1
Forêts mixtes à couvert fermé	3 522,3	−46,9	35,7	−12,2	3,1	−0,3	58,1	51,4		0,0	**88,9**	3 611,1
Forêts à couvert ouvert	7,8	−0,1	0,2	−0,1	0,4	−0,1	−0,1	−0,2	0,0		**0,0**	7,8

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.6

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Laurentides méridionales (1991-2005)

	Stock d'ouverture (superficie en 1991)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2005)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	1 080,4		8,2	0,3	0,3	0,3	14,4	20,7	28,8	0,2	**73,2**	1 153,6
Terres agricoles	1 417,5	–8,2		–0,1	–1,0	–0,2	–90,9	–6,7	–50,7	0,0	**–157,7**	1 259,8
Milieux humides forestiers	5 775,9	–0,3	0,1		84,8	0,4	142,3	34,2	105,1	0,6	**367,2**	6 143,2
Milieux humides herbacés ou arbustifs	4 859,3	–0,3	1,0	–84,8		15,3	13,9	–4,4	2,3	3,6	**–53,5**	4 805,9
Plans et cours d'eau intérieure	14 999,8	–0,3	0,2	–0,4	–15,3		0,2	2,1	2,7	–1,3	**–12,2**	14 987,6
Forêts de conifères à couvert fermé	34 383,7	–14,4	90,9	–142,3	–13,9	–0,2		47,0	–358,4	17,0	**–374,4**	34 009,3
Forêts de feuillus à couvert fermé	40 521,8	–20,7	6,7	–34,2	4,4	–2,1	–47,0		–5 625,8	–0,1	**–5 718,8**	34 803,0
Forêts mixtes à couvert fermé	55 060,1	–28,8	50,7	–105,1	–2,3	–2,7	358,4	5 625,8		3,5	**5 899,5**	60 959,7
Forêts à couvert ouvert	416,6	–0,2	0,0	–0,6	–3,6	1,3	–17,0	0,1	–3,5		**–23,4**	393,2

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.7

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Laurentides centrales, 60% du territoire (1998-2013)

	Stock d'ouverture (superficie en 1998)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2013)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	784,8		9,2	−0,4	18,8	−0,7	24,7	2,2	9,3	1,1	**64,2**	849,0
Terres agricoles	1 592,2	−9,2		0,3	23,1	−0,1	−9,4	−2,4	−36,0	−0,4	**−33,9**	1 558,2
Milieux humides forestiers	3 432,8	0,4	−0,3		51,8	−0,3	181,9	4,3	14,6	2,8	**255,3**	3 688,1
Milieux humides herbacés ou arbustifs	6 094,3	−18,8	−23,1	−51,8		6,2	−59,6	−5,6	−2,7	58,3	**−97,2**	5 997,1
Plans et cours d'eau intérieure	12 626,1	0,7	0,1	0,3	−6,2		45,3	1,9	11,9	−0,5	**53,6**	12 679,6
Forêts de conifères à couvert fermé	70 511,6	−24,7	9,4	−181,9	59,6	−45,3		−106,2	1 022,4	700,8	**1 434,1**	71 945,7
Forêts de feuillus à couvert fermé	4 680,9	−2,2	2,4	−4,3	5,6	−1,9	106,2		−742,3	0,9	**−635,6**	4 045,3
Forêts mixtes à couvert fermé	18 757,5	−9,3	36,0	−14,6	2,7	−11,9	−1 022,4	742,3		4,2	**−273,1**	18 484,5
Forêts à couvert ouvert	4 415,8	−1,1	0,4	−2,8	−58,3	0,5	−700,8	−0,9	−4,2		**−767,3**	3 648,5

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.8

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle du Plateau de la Basse-Côte-Nord, 2 % du territoire (1999-2013)

	Stock d'ouverture (superficie en 1999)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2013)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	10,2		0,0	0,0	0,4	0,0	0,9	0,0	0,1	0,9	**2,4**	12,5
Terres agricoles	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,0
Milieux humides forestiers	39,6	0,0	0,0		0,0	0,0	−0,7	0,0	0,0	0,0	**−0,7**	38,9
Milieux humides herbacés ou arbustifs	88,7	−0,4	0,0	0,0		0,0	−0,1	0,0	−0,1	−0,8	**−1,4**	87,3
Plans et cours d'eau intérieure	158,6	0,0	0,0	0,0	0,0		0,1	0,0	0,0	−0,2	**0,0**	158,6
Forêts de conifères à couvert fermé	1 896,0	−0,9	0,0	0,7	0,1	−0,1		−0,2	7,6	1,0	**8,1**	1 904,0
Forêts de feuillus à couvert fermé	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2		1,9	0,0	**2,1**	11,9
Forêts mixtes à couvert fermé	64,9	−0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	−7,6	−1,9		0,0	**−9,4**	55,5
Forêts à couvert ouvert	313,0	−0,9	0,0	0,0	0,8	0,2	−1,0	0,0	0,0		**−1,0**	312,0

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.9

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Basses-terres de l'Abitibi, 88 % du territoire (1994-2009)

	Stock d'ouverture (superficie en 1994)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2009)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	336,0		1,6	3,0	1,2	−1,5	4,9	3,9	3,7	0,1	**16,9**	352,9
Terres agricoles	1 686,7	−1,6		−4,2	−1,8	−0,1	−46,7	−9,1	−136,5	0,0	**−200,0**	1 486,7
Milieux humides forestiers	12 176,8	−3,0	4,2		254,7	0,5	39,3	16,6	39,8	0,9	**353,1**	12 529,9
Milieux humides herbacés ou arbustifs	12 819,5	−1,2	1,8	−254,7		3,4	−30,2	−22,3	−9,7	7,4	**−305,5**	12 514,0
Plans et cours d'eau intérieure	5 216,3	1,5	0,1	−0,5	−3,4		0,0	0,2	0,4	0,0	**−1,7**	5 214,6
Forêts de conifères à couvert fermé	16 229,1	−4,9	46,7	−39,3	30,2	0,0		42,6	794,2	15,5	**884,9**	17 114,1
Forêts de feuillus à couvert fermé	5 712,3	−3,9	9,1	−16,6	22,3	−0,2	−42,6		−476,0	0,4	**−507,5**	5 204,8
Forêts mixtes à couvert fermé	11 221,7	−3,7	136,5	−39,8	9,7	−0,4	−794,2	476,0		0,2	**−215,7**	11 006,0
Forêts à couvert ouvert	380,8	−0,1	0,0	−0,9	−7,4	0,0	−15,5	−0,4	−0,2		**−24,4**	356,3

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.10

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Hautes-terres de Mistassini, 52% du territoire (1998-2011)

	Stock d'ouverture (superficie en 1998)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2011)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	221,9		0,0	−0,4	0,4	0,9	9,2	−0,5	0,9	1,0	**11,5**	233,4
Terres agricoles	1,8	0,0		0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	−0,1	0,0	**0,8**	2,6
Milieux humides forestiers	5 564,7	0,4	0,0		83,3	0,1	206,6	0,8	8,2	2,0	**301,5**	5 866,2
Milieux humides herbacés ou arbustifs	7 389,7	−0,4	0,0	−83,3		1,4	−36,1	−0,4	−1,3	14,0	**−106,2**	7 283,5
Plans et cours d'eau intérieure	6 293,0	−0,9	0,0	−0,1	−1,4		0,5	0,0	0,1	0,0	**−2,0**	6 291,0
Forêts de conifères à couvert fermé	24 937,4	−9,2	−0,9	−206,6	36,1	−0,5		−71,2	−143,8	137,4	**−258,7**	24 678,8
Forêts de feuillus à couvert fermé	833,5	0,5	0,0	−0,8	0,4	0,0	71,2		−14,8	4,1	**60,6**	894,1
Forêts mixtes à couvert fermé	4 724,5	−0,9	0,1	−8,2	1,3	−0,1	143,8	14,8		9,0	**159,9**	4 884,4
Forêts à couvert ouvert	575,7	−1,0	0,0	−2,0	−14,0	0,0	−137,4	−4,1	−9,0		**−167,5**	408,2

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.11

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle des Adirondacks, 95% du territoire (1994-2009)

	Stock d'ouverture (superficie en 1994)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km^2)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2009)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (11102)		
Surfaces artificielles	1,2		0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	**0,5**	1,7
Terres agricoles	20,8	0,0		0,0	0,0	0,0	−0,1	−0,4	0,0	0,0	**−0,6**	20,2
Milieux humides forestiers	2,4	0,0	0,0		0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	**0,2**	2,6
Milieux humides herbacés ou arbustifs	0,7	0,0	0,0	−0,1		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**−0,1**	0,6
Plans et cours d'eau intérieure	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,3
Forêts de conifères à couvert fermé	2,6	−0,1	0,1	0,0	0,0	0,0		−0,1	0,1	0,0	**0,1**	2,7
Forêts de feuillus à couvert fermé	39,8	−0,2	0,4	−0,1	0,0	0,0	0,1		7,8	0,0	**8,0**	47,9
Forêts mixtes à couvert fermé	15,8	−0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	−0,1	−7,8		0,0	**−8,2**	7,7
Forêts à couvert ouvert	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		**−0,1**	0,1

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

Tableau AIII.12

Matrice des changements de couverture terrestre, province naturelle de l'Estuaire et golfe du Saint-Laurent, 76 % du territoire (1999-2009)

	Stock d'ouverture (superficie en 1999)	Changements nets à partir d'autres couvertures (km²)									**Changement net**	Stock de fermeture (superficie en 2009)
		Surfaces artificielles (01)	Terres agricoles (02)	Milieux humides forestiers (06)	Milieux humides herbacés ou arbustifs (07)	Plans et cours d'eau intérieure (10)	Forêts de conifères à couvert fermé (110101)	Forêts de feuillus à couvert fermé (110102)	Forêts mixtes à couvert fermé (110103)	Forêts à couvert ouvert (1102)		
Surfaces artificielles	17,8		0,0	0,1	0,1	−0,8	0,2	0,0	0,2	0,0	**0,0**	17,8
Terres agricoles	27,8	0,0		0,0	−5,9	−0,2	−0,6	−0,1	−0,2	−0,1	**−7,1**	20,8
Milieux humides forestiers	481,6	−0,1	0,0		1,3	0,0	4,2	0,2	0,7	0,2	**6,5**	488,1
Milieux humides herbacés ou arbustifs	1 660,5	−0,1	5,9	−1,3		4,0	−2,2	0,0	0,0	−113,3	**−107,2**	1 553,3
Plans et cours d'eau intérieure	108 301,2	0,8	0,2	0,0	−4,0		0,0	0,1	0,9	−9,3	**−11,4**	108 289,7
Forêts de conifères à couvert fermé	5 294,8	−0,2	0,6	−4,2	2,2	0,0		1,8	59,0	4,4	**63,7**	5 358,5
Forêts de feuillus à couvert fermé	15,5	0,0	0,1	−0,2	0,0	−0,1	−1,8		8,2	0,0	**6,1**	21,6
Forêts mixtes à couvert fermé	176,6	−0,2	0,2	−0,7	0,0	−0,9	−59,0	−8,2		0,1	**−68,7**	107,9
Forêts à couvert ouvert	179,9	0,0	0,1	−0,2	113,3	9,3	−4,4	0,0	−0,1		**118,1**	298,0

Note : L'arrondissement des nombres fait que le changement net n'est pas toujours égal à la somme de chaque ligne. Certaines estimations sont imprécises ou peu fiables.

Sources : Institut de la statistique du Québec, exploitation des cartes et des données écoforestières du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, mai 2016 ; ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Cadre écologique de référence du Québec, 2013.

BIBLIOGRAPHIE

AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA. *Utilisation des terres en 1990, 2000, 2010 – Spécifications de contenu informationnel produites conformément à la norme ISO 19131*, Révision : A, 13 p., [En ligne]. [www.agr.gc.ca/atlas/supportdocument_documentdesupport/aafcLand_Use/fr/Utilisation_des_terres_en_1990_%202000_%202010_ISO19131.pdf] (Consulté le 24 novembre 2016).

BONN, F. (1996). *Précis de télédétection*, vol. 2, « Applications thématiques », Presses de l'Université du Québec, 633 p.

DI GREGORIO, A. et U. LEONARDI (2010). *LCCS3 Tutorial*, Global Land Cover Network et Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 78 p.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2006). *Land accounts for Europe 1990-2000, Towards integrated land and ecosystem accounting*, EEA Report, n° 11/2006, 107 p.

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC (2006). *Le cadre intégré de la gestion de la qualité de l'Institut de la statistique du Québec*, 20 p.

JETTÉ, J.-P. (2004). « Protéger les sols forestiers par une approche de gestion adaptative », *Le Naturaliste canadien*, vol. 128, n° 2, p. 78-84, [En ligne]. [www.provancher.qc.ca/upload/file/128_2%20p%2078-84.pdf] (Consulté le 10 février 2015).

LEMELIN, L.-V. et M. DARVEAU (2008). *Les milieux humides du parc national du Canada de la Mauricie : cartographie en vue d'une surveillance de l'intégrité écologique*, Canards Illimités Canada, Rapport technique n° Q11, 42 p. et annexe, [En ligne]. [www2.sbf.ulaval.ca/darveaum/PDF2/Chabot_et_Darveau_2011_Rap_tech_CIC_Q17.pdf] (Consulté le 4 mars 2015).

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC (2015). *Norme de photo-interprétation, Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional*, Secteur des forêts, Direction des inventaires forestiers, février, 127 p., [En ligne]. [www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/Norme-photo-interpretation.pdf].

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC (1995). *Norme de stratification écoforestière, Troisième programme de connaissance de la ressource forestière*, Direction de la gestion des stocks forestiers, Service des inventaires forestiers, 116 p.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE (2009). *Portrait de l'évolution de la forêt publique sous aménagement du Québec méridional des années 1970 aux années 2000, Établi avec les données des trois premiers inventaires forestiers décennaux*, Direction des inventaires forestiers, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 135 p.

NATIONS UNIES, COMMISSION EUROPÉENNE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, FONDS MONÉTAIRE INTERNATIONAL, ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, BANQUE MONDIALE (2016). *Cadre central du Système de comptabilité économique et environnementale, 2012*, 377 p. [En ligne]. [unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/CF_trans/SEEA_CF_Final_fr.pdf] (Consulté le 15 décembre 2016).

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES (2012). *Perspectives de l'environnement de l'OCDE à l'horizon 2050 : Les conséquences de l'inaction, Synthèses*, 10 p. [En ligne]. [www.oecd.org/fr/env/indicateurs-modelisation-perspectives/49884240.pdf] (Consulté le 14 décembre 2016).

STATISTIQUE CANADA (2016). *Le paysage changeant des régions métropolitaines du Canada*, 348 p. (coll. L'activité humaine et l'environnement). [En ligne]. [www.statcan.gc.ca/pub/16-201-x/16-201-x2016000-fra.pdf] (Consulté le 14 décembre 2016).

UHDE, S., et H. LEBLANC (2014). *Comptes des terres : région de Chaudière-Appalaches, Projet pilote*, Institut de la statistique du Québec, 99 p., [En ligne]. [www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/environnement/comptes-terre.html].

UHDE, S., G. MARCHAND, S. BREHAIN et R. BARBEAU (2010). *Les comptes de l'environnement et l'approche par capitaux pour appuyer la mesure du développement durable*, Institut de la statistique du Québec, 52 p., [En ligne]. [www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/environnement/comptes-environnement.html]

UNITED NATIONS, EUROPEAN COMMISSION, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT et WORLD BANK GROUP (2014). *System of Environmental-Economic Accounting 2012—Experimental Ecosystem Accounting*, 177 p. [En ligne]. [unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/eea_final_en.pdf].

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2016). *GEO-6 Regional Assessment for North America*, 325 p. [En ligne]. [web.unep.org/geo/sites/unep.org.geo/files/documents/geo_assesment_north_america_november_2016.pdf] (Consulté le 14 décembre 2016).

Des statistiques sur le Québec d'hier et d'aujourd'hui pour le Québec de demain

Les comptes des terres du Québec méridional quantifient la superficie des terres par type de couverture terrestre (p. ex., surfaces artificielles, terres agricoles, milieux humides et forêts) sur le territoire de la province situé au sud du 51e parallèle dans les années 1990 et dans les années 2000 ainsi que la superficie où se produisent les changements de couverture entre ces deux décennies.

Les changements de couverture terrestre sont mesurés de la façon la plus fiable possible, selon les normes internationales de comptabilité environnementale et à l'aide de données existantes au Québec.

Les comptes des terres font partie du Système de comptabilité économique et environnementale (SCEE), ou comptes de l'environnement, qui offre un cadre statistique complet et cohérent pour la mesure du capital naturel en rapport avec l'économie.

Institut de la statistique Québec

Avis de révision

Comptes des terres du Québec méridional

Document révisé le 30 octobre 2017

1. À la page 22, changer le 1er paragraphe par celui-ci :

   de surfaces artificielles, 69 km² l'ont été au détriment des forêts de conifères, 157 km², au détriment des forêts de feuillus, et 118 km², au détriment des forêts mixtes. De plus, la superficie des terres agricoles a diminué de 134 km² au profit des surfaces artificielles, ce qui représente une perte de 0,5 %. Comme le montrent les tableaux qui présentent les données par région, ces tendances varient d'une région administrative à l'autre.

2. À la page 24, changer le 1er paragraphe par celui-ci :

   Ultimately, land accounts take the form of a physical account for land cover and a land cover change matrix. For example, for artificial surfaces, the Southern Québec physical account for land cover registers an opening stock of 6,637 km² and a closing stock of 7,165 km²—a net change of +528 km² or +8% between the 1990s and the 2000s. The land cover change matrix shows that the increase in artificial surfaces mostly took place at the expense of forests: 69 km² of the net gains in artificial surfaces happened at the expense of coniferous forests, 157 km², at that of deciduous forests, and 118 km², at that of mixed forests. Moreover, the agricultural land area declined by 134 km² in favour of artificial surfaces, a loss of 0.5%. As shown in the regional tables, these trends vary from one administrative region to another.

3. À la page 60, changer le 1er paragraphe par celui-ci :

   couvert fermé (respectivement de 588 km², 79 km² et 192 km²). Par ailleurs, les milieux humides herbacés ou arbustifs et les forêts à couvert ouvert ont diminué au profit des secteurs forestiers dits « productifs », au sens de l'inventaire écoforestier (milieux humides forestiers et forêts de conifères, de feuillus et mixtes à couvert fermé). Les estimations de la matrice des changements indiquent un gain net de superficie forestière productive de 1 621 km² ou 4 % par rapport à la superficie non productive du début de la période[7]. Enfin, les milieux humides herbacés ou arbustifs, ainsi que les plans et les cours d'eau intérieure, auraient diminué au profit des forêts à couvert ouvert. Ces transitions sont considérées comme improbables et les estimations correspondantes sont jugées imprécises ou peu fiables.

4. À la page 69, changer le 2e paragraphe par celui-ci :

   Le changement net de terres agricoles est positif dans les régions de la Montérégie, où l'augmentation des terres agricoles (148 km²) dépasse de 24 km² leur diminution (124 km²), et du Centre-du-Québec, où l'augmentation de la superficie agricole (103 km²) dépasse de 9 km² sa diminution (95 km²). De plus, l'augmentation des terres agricoles compense en bonne partie leur diminution dans les régions du Saguenay-Lac-Saint-Jean (102 km² par rapport à 146 km²) et de Lanaudière (26 km² par rapport à 45 km²) et dans la partie de la Côte-Nord couverte par le territoire d'étude (4 km² par rapport à 6 km²). Ceci signifie que, particulièrement dans ces cinq régions, les étendues de terres agricoles ont été relocalisées sur le territoire. Cette relocalisation se fait notamment par rapport aux forêts à couvert fermé.

5. À la page 102, changer le 2e paragraphe par celui-ci :

   Dans le contexte de la comptabilité environnementale et économique, le rôle de l'Institut consistera notamment à veiller à l'application des normes en matière de concepts et de classifications et d'assurer la qualité statistique. Cependant, l'élaboration des comptes de l'environnement dépendra de la coordination des ministères et organismes du gouvernement dont les missions se rapportent à l'environnement, l'agriculture, les forêts et les pêcheries, ainsi qu'à l'information géographique et géospatiale. Pour ce qui est des comptes des terres, les premières données du 5e inventaire écoforestier seront rendues disponibles secteur par secteur au cours des prochaines années, ce qui permettra la production d'estimations des changements de couverture terrestre pour une période plus récente.